



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



Porovnání pevnosti šitých a ultrazvukových spojů pro automobilové sedačky

Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství

Studijní obor: 3106T017 – Oděvní a textilní technologie

Autor práce: **Bc. Nikola Kloudová**

Vedoucí práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



Strenght comparison of stitched and ultrasound seams for car seats

Diploma thesis

Study programme: N3106 – Textile Engineering

Study branch: 3106T017 – Clothing and Textile

Engineering Author: **Bc. Nikola Kloudová**

Supervisor: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Nikola Kloudová

Osobní číslo: T14000401

Studijní program: N3106 Textilní inženýrství

Studijní obor: Oděvní a textilní technologie

Název tématu: Porovnání pevnosti šitých a ultrazvukových spojů pro automobilové sedačky

Zadávací katedra: Katedra oděvnictví

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši o vlastnostech šicích nití a vlivu na pevnost šitých spojů.
2. Na vytipovaném sortimentu proveďte měření pevnosti šitých spojů a spojů provedených nekonvenčními způsoby spojování.
3. Vyhodnoťte pevnost spojů při statickém a dynamickém namáhání.
4. Experimentální výsledky vyhodnoťte.



Rozsah grafických prací: dle rozsahu dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: cca 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Bohanesová, B., Oděvní materiály, SNTL Praha 1988
- Haas, V., Oděvní stroje a zařízení, Praha 2000 Informatorium
- Krebsová, M., Technologie II (Oděvnictví), VŠST Liberec 1990
- Motejl, V., Tepřík, O., Šicí stroje v oděvní výrobě, SNTL Praha 1973
- Matoušková, I., Pevnost a tažnost šitých spojů pletenin po údržbě, DP TU Liberec 1999
- Kovář, R., Struktura a vlastnosti textilií 2, TU Liberec 1998
- Havelka, A., Šicí nitě jako délkové kompozity - dílčí zpráva, VŠST Liberec 1989
- Hudcová, M., Studie šicích schopností nití v závislosti na vlhkosti ovzduší a vlhčení šicích nití při spojování textilních materiálů používaných v automobilovém průmyslu, BP
- Jančková, A., Podélná roztažnost švů, DP TU Liberec 1997

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Katedra oděvnictví

Datum zadání diplomové práce: 11. listopadu 2015

Termín odevzdání diplomové práce: 13. května 2016


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 11. listopadu 2015

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše. Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Antonínu Havelkovi, CSc. z Katedry oděvnictví Technické univerzity v Liberci za cenné rady, připomínky, trpělivost a ochotu při vedení mé závěrečné práce. Ráda bych také poděkovala pracovníkům laboratoře komfortu katedry oděvnictví, kteří se mnou trávili nějaký ten čas při provádění výzkumu. Dále děkuji firmě Johnson Controls Česká Lípa, která mi poskytla materiály pro uskutečnění experimentální části. Další poděkování patří mé rodině a přátelům, kteří mě po dobu studia podporovali.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývala zkoumáním a porovnáním pevnosti šitých spojů a spojů získaných nekonvenčním způsobem ultrazvukem se zaměřením na automobilové sedačky. Klíčovým parametrem pro spojování technické konfekce je pevnost. Práce popisuje základní informace o stehách a švech, mechanicko-fyzikálních vlastnostech, ultrazvukovém svařování, technických textiliích a vliv namáhání na ně. Zkoumány byly materiály běžně používané v průmyslu na výrobu autosedaček, přičemž materiály byly v rámci experimentu různě spojeny a za pomoci přístrojů podrobeny několika typům zátěžových zkoušek. Praktická část byla dále zaměřena na zjišťování vhodných parametrů pro spojování technické konfekce a zjišťování pevnosti pěti typů odlišných nití namáhaných klasicky v tahu a ve smyčce. V neposlední řadě je část práce věnována dvěma typům namáhání a to statickému a dynamickému, které bylo zaznamenáno pomocí rychlokamery. V závěrečné části práce byly vyhodnoceny všechny metody z hlediska pevnosti a tažnosti.

Klíčová slova:

nekonvenční, spojování, svařování ultrazvukem, technické textilie, pevnost spoje, autosedačky

Annotation

This diploma thesis dealt with examination and comparison of firmness stitched seams and seams made by unconventional method with the specialization on ultrasound with specialization on car seats. The firmness is the key parameter to coupling the technical confection. The thesis describes basic informations about stitches and seams. Mechanical and physical properties and ultrasonic welding of technical fabrics are also included. Commonly used materials for production of car seats were examined, while materials were variably connected and submitted by several types stress tests in the experiment. Practical part of the thesis was focused on detecting of the appropriate parameters for connecting the technical confection and finding the firmness of five different types of the threads which were loaded in tension and loaded in loop. Final part of the thesis is dedicated to static and dynamic tension, which were recorded by a speed camera. All methods are evaluated in terms of tension.

Keyword:

unconventional, jointing, ultrasonic welding, technical textile, joint strength, car seat's

Použité zkratky a symboly

95% is	95% interval spolehlivosti
ČSN	značení norem – česká organizace pro normalizaci
E	modul pružnosti v tahu
F	síla
F_n	pevnost nitě
F_{nk}	pevnost nitě v kličce
F_{nkp}	poměrná pevnost nitě v kličce
F_{no}	pevnost nitě po opotřebení
$F_{nš}$	poměrná pevnost nitě po šití
FS, FM	absolutní pevnost za sucha, mokra
f_{sm}	relativní pevnost ve smyčce
F_{sm}	absolutní pevnost ve smyčce
F_{\S}	pevnost švu
$F_{\S(t)}$	teoretická pevnost švu
F_t	pevnost textilie
h	hustota stehu
Hz	Hertz
ISO	značení norem - Mezinárodní organizace pro normalizaci
kHz	Kilohertz
l	upínací délka
l_k	délka kličky pro protažení zásoby spodní nitě
l_{ns}	délka nitě ve stehu
l_s	délka stehu
N	newton
nam.	namáhání
p	počet průchodů nitě ouškem jehly
PA	polyamid
PES	polyester
pix	pixelů

S. O.	směrodatná odchylka
t	tloušťka spojovaných vrstev, čas
tř. 300	vázané stehy
tř. 400	vícenitné- řetízkové stehy
ultr.	ultrazvuk
UV	ultrafialové sluneční záření
v	rychlost protažení
VK	variační koeficient
Z	ztráta pevnosti nitě na jeden vazný bod
Z_c	celková ztráta pevnosti nitě po zašití do spoje
α	koeficient švu
Δl	absolutní prodloužení
ε	poměrné prodloužení
ε_{sp}	maximální podélná deformace švu při poruše
φ	koeficient pevnosti nitě v kličce
ψ	koeficient poškození nitě

Obsah

1 ÚVOD	12
2 REŠERŠNÍ ČÁST	14
2.1 STEHY A ŠVY	14
2.1.1 Stehy	14
2.1.2 Švy	15
2.2 MECHANICKO- FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI	16
2.2.1 Základní definice	17
2.2.1.1 Příčná pevnost spoje	17
2.2.1.2 Podélná tažnost spoje	19
2.2.1.3 Faktory ovlivňující pevnost	20
2.3 NEKONVENČNÍ ZPŮSOBY SPOJOVÁNÍ	22
2.3.1 Ultrazvukové svařování	23
2.3.1.1 Základy ultrazvukového svařování	24
2.3.1.2 Výhody a nevýhody ultrazvukové spojování	25
2.4 TECHNICKÉ TEXTILIE	26
2.4.1 Vlákna používaná pro technické textilie	26
2.4.1.1 Aplikace	27
2.4.2 Nejčastěji používané druhy švů u technické konfekce	28
2.5 MECHANICKÉ NAMÁHÁNÍ TECHNICKÝCH TEXTILIÍ	28
2.5.1 Statické a dynamické namáhání	28
2.6 ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ	30
2.6.1 UV záření	30
2.6.2 Zkouška světlostálosti	31
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	32
3.1 CHARAKTERISTIKA ZKOUŠENÝCH MATERIÁLŮ	32
3.1.1 Materiálové složení	33
3.2 CHARAKTERISTIKA A POPIS POUŽITÝCH PŘÍSTROJŮ	34
3.2.1 Ultrazvukový svařovací stroj - PFAFF 8310-142/001	35
3.2.2 Trhací přístroj - Testometric M350-5CT	37
3.2.3 Tvar a příprava vzorků pro jednotlivé zkoušky	38
3.2.4 Vyhodnocení získaných dat	38
3.3 ANALÝZA A VYHODNOCENÍ METOD ZJIŠŤOVÁNÍ PEVNOSTI	38
3.3.1 Obrazová analýza pomocí programu NIS - Elements	39
3.3.2 Zrychlená zkouška světlostálosti	40
3.3.2.1 SUNTEST	40
3.3.2.2 Provedení experimentu v přístroji Suntest CPS+	41

3.4 PEVNOSTI A TAŽNOST NITÍ UCHYCENÝCH V TAHU A VE SMYČCE.....	43
3.4.1 Pevnost, tažnost nití klasicky- 1. Část	44
3.4.2 Pevnost, tažnost ve Smyčce- 2 část.....	46
3.4.3 Celkové vyhodnocení obou metod navzájem	48
3.5 ZKUŠEBNÍ EXPERIMENT NA MATERIÁLU ČÍSLO 1	50
3.6. SVAŘOVÁNÍ ULTRAZVUKEM.....	52
3.6.1 Typy svařovacích koleček:.....	53
3.7. STATICKÁ A DYNAMICKÁ ZKOUŠKA	55
3.7.1 Statická zkouška	55
3.7.2 Dynamická zkouška	59
3.7.2.1 Vysokorychlostní záznamová kamera OLYMPUS I-Speed 3	61
3.8. VYHODNOCENÍ STATICKÉHO A DYNAMICKÉHO NAMÁHÁNÍ.....	63
4 ZÁVĚR.....	65
5 ZDROJE.....	68
6 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	71
7 SEZNAM PŘÍLOH	73

1 Úvod

V současné době se výrobky běžného užívání stávají v blízké budoucnosti zastaralé už během několika týdnů či měsíců, ale lze očekávat, že světu designu, výroby a distribuce v oblasti automobilové průmyslu se toto nestane, vývoj a inovace jde neustále dopředu. Automobilový průmysl v dnešní době patří v České republice mezi nejdůležitější průmyslová odvětví, jenom export činí přes 20% a produkuje se zde více než 20% objemu výroby a tato čísla se každým rokem zvyšují. Automobilový průmysl v České republice je znám díky spoustě kvalitních značek aut od Škoda Auto, Hyundai Motor Manufacturing Czech, Toyota Peugeot Citroën Automobile a spousty dalších. Výroba automobilů, jejich interiérů a doplňků je zásadní pro českou ekonomiku. K tomuto odvětví patří např. i firma Jonson Control, která se specializuje na inovaci a technologii automobilového průmyslu, a je celosvětovým dodavatel pěn do sedadel, lemování, tkanin, kovových konstrukcí, mechanismů a kompletních sedadlových systémů.

V dnešní době je kladen důraz neustále věci zdokonalovat, inovovat a vylepšovat, proto je v této práci zkoumán vliv na pevnost jiného typu spojování u autosedaček za pomoci ultrazvukového svařování, které se běžně v této sféře nevyužívá, ale materiály se spojují klasickým šitým stehem. V rámci experimentu je u autosedaček nejdůležitější jejich pevnost a znalost chování právě materiálů a nití, kde je zapotřebí vědět, jak se chovají při tahovém namáhání.

Diplomová práce byla zaměřena především na porovnání pevnosti a vlastností šitých spojů a nekonvenčního způsobu spojování se zaměřením na automobilové sedačky, k dispozici bylo získáno 5 odlišných nití a jeden materiál od firmy Johnson Controls z České Lípy, nitě se liší složením, hmotností a jemností. Práce byla především u těchto typů materiálů zaměřena na jejich pevnost, věnovala se spojení materiálu pomocí klasického vázaného a řetízkového stehu a ultrazvukového svařování za užití jednoduchého hřbetového švu. Všechny vzorky byly vystaveny statickému a dynamickému namáhání a porovnávalo se u těchto typů namáhání, jaký mají vliv na spoj.

Úvod rešeršní části byl věnován popisu různých stehů a švů, seznámení s mechanicko- fyzikálními vlastnostmi, následující kapitola se věnuje nekonvenčnímu způsobu spojování a zaměřuje se na ultrazvukové svařování - jeho princip, využití,

výhody a nevýhody. Dále jsou zde popsány technické textilie a jejich aplikace, vlákna využívaná v tomto odvětví a nejčastěji používané druhy švů u technické konfekce. Jedna část k technickým textiliím je zaměřena přímo na mechanické namáhání technických textilií a podrobněji popsán princip a rozdíly u statického a dynamického namáhání. V krátkosti je v této části popsáno i elektromagnetické záření a často využívaná zkouška světlostálosti a její vliv pomocí UV záření.

Cílem experimentální práce je ověřit pevnost šitých spojů a spojů provedených nekonvenčním způsobem spojování, v neposlední řadě i pevnost samotných šicích nití, kde se jejich pevnost vyhodnocuje při klasickém uchycení a ve smyčce. Jsou zde zpracované běžně používané možnosti spojení klasickým šitím a to vázaným a řetízkovým stehem a spojení svařování ultrazvukem, což je následně porovnáváno. Ke spojení materiálu byl vybrán nejpoužívanější typ švu u technických textilií a to jednoduchý hřbetový šev. V práci jsou analyzovány výhody a nevýhody klasického šití v porovnání s nekonvenčním spojováním. Výsledné vzorky byly zatěžovány při statickém a dynamickém namáhání. Každá metoda je doplněna zpracovanými výsledky měření a grafy. Závěrem jsou zhodnoceny a diskutovány výsledné hodnoty s doporučením nejvhodnější metody a to z pohledu, která nit vykazuje nejvyšší pevnost, který typ stehu je nejlepší pro šití autosedaček a jaký typ namáhání vykazuje lepší výsledky z hlediska náročnosti prováděné zkoušky to vše s důrazem na pevnost, tažnost a dostupnost.

2 Rešeršní část

2.1 Stehy a švy

2.1.1 Stehy

Podle způsobu provedení rozlišujeme dva typy stehů - ruční a strojové. Steh vznikne protažením nebo provázáním nitě od jednoho vpichu jehly ke druhé, které se opakuje. Pevnost a pružnost spoje závisí na více faktorech - od vlastnosti šicí nitě, její elasticity a složením materiálu.

Typ stehu závisí na požadované funkčnosti nebo estetické stránce oděvu. Stehy dělíme do dvou základních typů rozdělení, podle způsobu jejich vytvoření na vázané a řetízkové. Vázané jsou vytvořeny soustavou konečných i nekonečných nití, řetízkové jen soustavou nekonečných nití. [1], [7], [8], [14], [15], [20]

Steh je charakterizován:

- délkou stehu- vzdálenost, která se vytvoří mezi dvěma vpichy jehly. Lze ji měřit ve směru podávání materiálu a ve směru šití
- šířkou stehu- měří se kolmo ve směru podávání nebo na směru šití, je to opět vzdálenost mezi dvěma vpichy jehly do materiálu
- napětí stehu – to je tlak vyvíjený nití ve stehu na šitý materiál

Základní třídy stehů podle: ČSN 800111 ISO 4915, která obsahuje 6 tříd stehů:

Třída 100 – jednonitné řetízkové stehy

Třída 200 – ruční stehy

Třída 300 – dvou a vícenitné vázané stehy

Třída 400 – dvou a vícenitné řetízkové stehy

Třída 500 – obnitkovací stehy

Třída 600 – krycí stehy

Řetízkové stehy

Řetízkový steh se používá tam, kde se požaduje tažnost švu např. sportovní oblečení. K protažení smyčky se využívají smyčkovače a to buď rotační, nebo kývavé. Má neomezenou zásobu spodní i vrchní nitě, zajišťuje tedy neomezenou kontinuitu šití. U pletenin je nevýhoda vypárání oček a třepení okrajů, ale díky skvělé krycí schopnosti řezaného okraje materiálu tomuto zabráníme.

U těchto stehů je nevýhoda ve zvýšené paralelnosti při jejich poškození a také mají větší spotřebu nití oproti vázanému stehu. [8], [20]

Vázané stehy

Základní je dvounitný vázaný steh třídy 300. Provázání vzniká uprostřed šitého díla a vytváří tím poměrně pevný spoj. Díky pevnosti stehu se obtížné páře a má stejný vzhled z líce i z rubu. Omezenou zásobou spodní nitě vzniká špatná kontinuita šití. Steh není tažný a je možnost ho uzašít proti vypárání. U těchto stehu je výhodná nižší spotřeba nití. Nevýhodou je, že jej nelze použít u pružného materiálu díky jeho malé tažnosti. [8], [20]

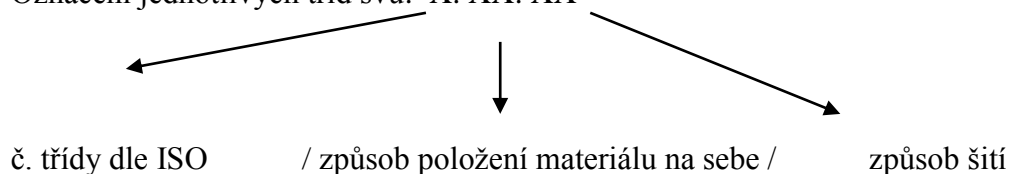
2.1.2 Švy

„Šev je definován jako spojení dvou nebo víc vrstev materiálu šitím. Může vzniknout i přehnutím a prošitím materiálu.“ (Dle autorky Krebsové, 1990, str. 117) [1]

Šev je spojení dvou nebo více vrstev látky, kůže, tkaniny nebo jiných materiálů, které jsou společně spojeny stehy. Švy lze spojit různými technologiemi a to: šitím, lepením, svařováním nebo jiným způsobem. Jednotlivé druhy švů se označují čtyřmístným číslem.

Vlastnosti švů: šev jako hlavní spojovací prvek, má různé účely: spojuje dva nebo více dílů materiálů k sobě, z plošného materiálu vytvoří útvar trojrozměrný a může vytvářet pouze zdobící prvek. [1], [7], [8], [14], [15], [20]

Označení jednotlivých tříd švů: X. XX. XX



Švy dělíme podle normy ISO 4916, která obsahuje 8 tříd:

Třída 1.00.00 – hřbetové švy

Třída 2.00.00 – přeplátované švy

Třída 3.00.00 – lemovací švy

Třída 4.00.00 – dotykové švy

Třída 5.00.00 – ozdobné švy

Třída 6.00.00 – obrubovací švy

Třída 7.00.00 – začistiřovací švy

Třída 8.00.00 – zajišťovací švy

2.2 Mechanicko- fyzikální vlastnosti

Mechanicko-fyzikální vlastnosti plošných textilií jsou způsobené jejich odezvou na působení okolních sil. Do této kategorie spadá namáhání v tahu, ohybu, krutu, smyčce a v rázu. Tyto vlastnosti jsou odvíjeny především z vlastností vláken, třecími silami, tvarem profilu, interakcí, velikostí stykových ploch a konstrukcí. U hotových výrobků, hlavně v oděvních výrobcích, se odehrávají malé deformace oděvu. V praxi k takovým namáháním dojde jen málokdy, jelikož by to znamenalo porušení plošné textilie. Mezi deformační vlastnosti řadíme pevnost a tažnost viz obr. č. 2.

Při mechanických vlastnostech je pevnost spoje závislá na směru namáhání, což je zobrazeno na obrázku č. 1

Všeobecně řečeno - mechanické vlastnosti jsou schopnosti odolávat působení vnějších sil, které lze zkoumat ze dvou směrů:

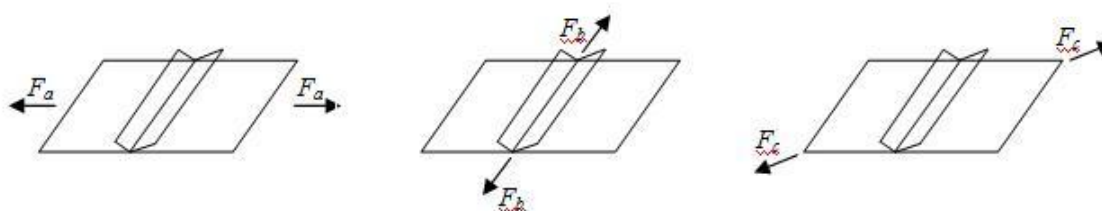
- působení vnější tahovou silou ve směru jejich plochy
- působení vnější silou kolmo na tuto plochu (protržení)

Při působení vnějších sil lze hodnotit namáhání textilií z pohledu:

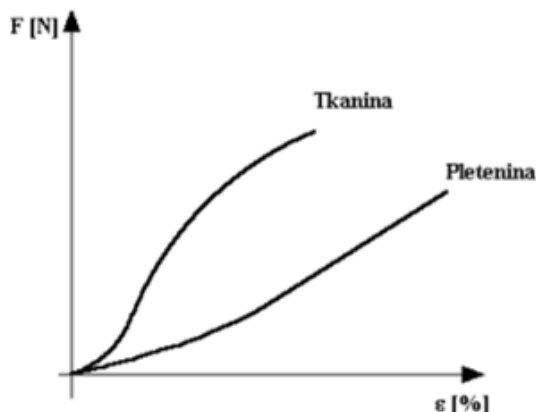
- namáhání na tah, tlak, ohyb, krut, smyk,
- namáhání statické, dynamické
- namáhání jednorázové, cyklické
- namáhání do přetrhu, bez přetrhu

Vlastnosti spoje lze rozdělit na:

- **funkční** – mechanicko-fyzikální, tepelně izolační, nepropustnost, ...
- **estetické** – tuhost, splývavost, hladkost, ... [24], [11], [12], [13], [25]



Obrázek 1 Grafické vyjádření tahového namáhání [9]



Obrázek 2 tahová křivka tkaniny a pleteniny [12]

2.2.1 Základní definice

Pružnost - neboli elasticita materiálu je vlastnost, kdy má materiál po odstranění určité síly, která na něj působila, sklon se vracet zpět do původního stavu.

Roztažnost - poměrné zvětšení plochy vzorku vlivem tažnosti pletenin vyjádřené v %.

Pevnost - je to maximální tahová síla zjištěná v průběhu zkoušení textilie tahem až do přetrhu vyjádřená v N

Tažnost - poměr prodloužení materiálu při dosažení působení maximální síly k jeho výchozí délce, vyjádřené v procentech

Prodloužení - k materiálu, na který je vyvíjena určitá síla se vytvoří přírůstek délky, vyjadřuje se v jednotkách délky [13], [16]

2.2.1.1 Příčná pevnost spoje

Příčná pevnost švu vyjadřuje sílu působící kolmo ke švu, kterou je třeba překročit, aby došlo k porušení švu nevratnou změnou – to znamená přetržení nitě, přetržení nití spojovaného materiálu, případně posunutí nití ve švu.

Vliv materiálu na pevnost

Pevnost materiálu při příčném namáhání závisí na parametrech spojování, mezi které patří: druh a šířka švu, druh a hustota stehu.



Obrázek 3 Schematické znázornění namáhání nití v kličce [9]

Pevnost nitě v kličce (F_{nk}) je nižší než dvojnásobek pevnosti nitě v tahu (F_n), dle [33] závisí na koeficientu pevnosti nitě v kličce (φ).

$$F_{nk} < 2 \cdot F_n \quad (2.1)$$

$$F_{nk} = 2 \cdot F_n \cdot \varphi \quad (2.2)$$

kde: F_{nk} pevnost nitě v kličce [N]

F_n pevnost nitě v tahu [N]

φ koeficient pevnosti nitě v kličce

$$\varphi = \frac{F_{nkp}}{100} \quad (2.3)$$

kde: F_{nkp} poměrná pevnost nitě v kličce (v % z výchozí pevnosti)

Koeficient pevnosti nitě v kličce nabývá dle [33] různých hodnot pro různé materiály, např.:

$$\varphi_{\text{PES}} = 0,7$$

$$\varphi_{\text{kevlar}} = 0,45$$

Počet průchodů nitě ouškem jehly (p) je dán vztahem:

$$p = 2 \frac{l_k}{l_{ns}} \quad (2.4)$$

kde: l_k délka kličky pro protažení zásoby spodní nitě [mm]

l_{ns} délka nitě ve stehu [mm]

Celková ztráta pevnosti nitě po zašití do spoje (Z_C):

$$Z_C = \frac{F_n^o - F_n}{F_n^o} 100[\%] \quad (2.5)$$

kde: F_n^o pevnost nitě původní [N]

F_n ... pevnost nitě konečná (po opotřebení) [N]

Ztráta pevnosti nitě na jeden vazný bod (Z):

$$Z = 2 \frac{Z_c}{p} \quad (2.6)$$

$$Z = \frac{(F_n^o - F_n) l_{ns}}{F_n^o \cdot l_k} 100$$

Pevnost nití při šití vyjádřená v procentech původní pevnosti:

$$F_{n\dot{s}} = 100 - Z_c [\%] \quad (2.7)$$

Koeficient pevnosti nitě při šití:

$$\psi = \frac{F_{n\dot{s}}}{100} \quad (2.8)$$

Tabulka 1: Doporučené hodnoty pro pevnost polyesterových nití při šití

steh	nit	$Z_c [\%]$	$F_{n\dot{s}} [\%]$	ψ
dvounitný vázaný	jehelní	20	80	0,8
	spodní	0-4	96-100	0,96-1,0
dvounitný řetízkový	jehelní	5	95	0,95
	spodní	0-2	98-100	0,98-1,0

Firma Gütermann uvádí v [34] doporučené hodnoty pro pevnost polyesterových nití při šití (viz tab. 1). [11], [12], [13], [33], [34]

2.2.1.2 Podélná tažnost spoje

Podélná roztažnost švu vyjadřuje podélnou deformaci při namáhání spoje ve směru šití. Maximální roztažnost spoje při poruše (nejčastěji při přetrhu nitě) vyjadřuje **podélná tažnost švu** ε_{sp} .

Při dané síle F_t je prodloužení vzorku sešité textilie ε_s menší než nesešité textilie ε_t . Neboli pro dané prodloužení ε_t je třeba větší síly F_s pro vzorek se švem než pro vzorek nesešité textilie F_t , což je způsobeno zpevněním textilie švem. Hlavní faktor pevnosti spoje připisujeme hodnotě ε_s – resp. hodnotě rozdílu

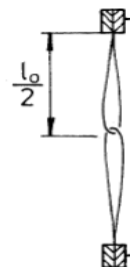
$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_t - \varepsilon_s \quad (2.9)$$

2.2.1.3 Faktory ovlivňující pevnost

Při zjišťování pevnosti vycházíme z vlastností daných materiálů. U méně roztažných materiálů, jako jsou tkaniny a občas i pleteniny, je příčná pevnost velmi důležitým parametrem, díky kterému se charakterizuje odolnost spoje proti vnějšímu namáhání.

Způsob namáhání – Namáhání je během užívání výrobku ovlivněno spoustou okolních vlivů, např. povětrnostními. Vlastnosti jsou ovlivněny:

- velikostí působící síly,
- směrem působící síly,
- délkou a způsobem působící síly,
- rychlostí změny velikosti síly,
- tvarem švu



Obrázek 4 pevnost ve smyčce [11]

Pevnost ve smyčce

Tato hodnota se zjišťuje z toho důvodu, že dochází ke vzájemnému překřížení nití při tvorbě stehu (tah + smyk)

$$f_{sm} = \frac{F_{sm}}{2 F} \cdot 10^2 [\%] \quad (2.10)$$

kde: f_{sm} ... relativní pevnost ve smyčce [%]

F_{sm} ... absolutní pevnost ve smyčce [N]

F pevnost jedné nitě [N]

Relativní pevnost za sucha a za mokra

$$f_s = \frac{F_s}{F} \cdot 100 [\%] \quad (2.11)$$

$$f_m = \frac{F_m}{F} \cdot 100 [\%]$$

kde: F_s, F_m ... absolutní pevnost za sucha, mokra [N]

F pevnost klimatizované nitě [N]

Odolnost vůči vnějšímu namáhání závisí na třech faktorech:

- pevnosti a druhu použitých nití
- pevnosti a odolnosti šitého materiálu
- parametrech stehu

Pevnost spoje je ovlivněna vazbou materiálu, druhem použitého vlákna, tloušťkou, hustotou a plošnou hmotností.

Při výběru stehu je důležité dbát na to, aby jeho vlastnosti odpovídaly vlastnostem šitého materiálu. Díky tomuto faktoru zajistíme u šitého materiálu dostatečnou pevnost, kvalitu a trvanlivost spoje. [26],

Na pevnost švu mají z hlediska druhu stehu vliv následující vlastnosti:

- počet nití daného stehu
- počet stehových řádků
- opotřebení nití při tvorbě stehu
- opotřebení nití při používání výrobku.

Počet nití daného stehů

Vyšší počet nití u daného stehu, zajišťuje stabilnější a více pevný steh. Dvou a vícenitné stehy jsou vždy fixovány alespoň s jednou nití spodní, oproti tomu jednonitné řetízkové stehy jsou tvořeny jen jednou nití, která není zafixována jinou nití, proto jsou více paralelní.

Počet stehových řádků

Rostoucí počet vazných bodů a s tím spojená vyšší pevnost je ovlivněna stehovými řádky na daný steh. Na počtu stehových řádků je závislá výsledná pevnost daného stehu.

Opotřebení nití při tvorbě stehu

Opotřebení šicí nitě je závislé na způsobu tvorby stehu, které je ovlivněno při tvorbě stehu. Čím je větší počet průchodu nití materiálem, tím se nit více namáhá a její pevnost klesá. S poklesem pevnosti šicí nitě klesá i pevnost spoje.

Hustota stehů

Parametr určující počet stehů na jednotku délky, je závislý na délce stehu

$$h = \frac{10}{l_s} \quad (2.12)$$

kde: h hustota stehu [s/cm]

l_s délka stehu [mm]

Hustota ovlivňuje pevnost přímo:

- počtem vazných bodů (s rostoucí hustotou se zvyšuje počet vazných bodů a roste pevnost)

$$h = 10 \frac{n-1}{b} \quad (2.13)$$

kde: n počet vazných bodů

b šířka vzorku [mm]

Hustota ovlivňuje pevnost nepřímo:

- ovlivňuje intenzitu opotřebení nitě (s rostoucí hustotou roste počet opakovaných průchodů nitě materiálem a klesá její pevnost)

$$p \approx 2 \frac{l_k}{l_s} = 2 \cdot 10^{-1} l_k \cdot h \quad (2.14)$$

kde: p počet průchodů nitě materiálem

(vztah 3.17 platí přibližně, předpokládáme-li, že tloušťky materiálu jsou malé vzhledem k délce stehu)

Opotřebení nití při používání výrobku

Steh je dále vystaven vnějším vlivům a tření, kde po delším nošení dochází k poklesu pevnosti švů. Pokles je zapříčiněn umístěním vazných bodů, které jsou u vázaného stehu uprostřed šitého díla, oproti tomu řetízkový je provázán na vnější straně materiálu. Díky tomu není řetízkový steh tak dobře chráněn proti poškození a oděru. V místě vazného bodu to zapříčiní narušení stability a pevnosti spoje. [10], [11], [9], [12], [13], [25], [23], [33]

2.3 Nekonenční způsoby spojování

Variant způsobů spojování textilních materiálů pro oděvní a technické aplikace je spousta, tento typ spojování se neustále rozvíjí a čím dál více se používá, tudíž se lehce upouští od klasického spojování strojním šitím. Spojování např. lepením, horkým vzduchem, tepelným klínem, podlepování a spojování ultrazvukem patří mezi netradiční metody spojování a to bez použití šicí techniky a šicích nití. Zavedení těchto metod je zapříčiněno z velké části vznikem termoplastických vláken a jejich využití na výrobu materiálu. Při spojování výrobků klasickým šitím ať už vázaným nebo řetízkovým stehem vznikaly problémy. Například, když se sešíval materiál s větším množstvím termoplastických vláken.

Příčinou je: natavování místa vpichu jehlou ohřátou rychlým vpichováním do materiálu, propalování šitého materiálu, časté přetrhy nití nebo tavení nití při vysokých otáčkách stroje. Velký problém vznikal v oušku šicí jehly, kde se zanášela tavenina z nitě. Tyto techniky nenahrazují klasické šití, pouze jej doplňují.

Tyto netradiční, ale moderní způsoby spojování využívají hlavně odvětví smart textilií pro hi-tech oděvy a technické výrobky.

Rozdělení nekonvenčních způsobů:

- Lepení
- Svařování (horkým klínem, horkým vzduchem, ultrazvukové svařování)
- Nýtování

Složení

Tkaniny a fólie sestávající ze dvou nebo více na sobě uspořádaných rozdílných vrstev.

Faktory ovlivňující svařitelnost

Sdružený povrch by měl mít nižší teplotu tavení než ostatní vrstvy. [8], [25], [24]

2.3.1 Ultrazvukové svařování

„Absorpcí ultrazvukové energie, pohybem a třením molekul vzniká v místě sváru teplo, které roztaví termoplastický materiál tak, že proteče mezi spojované součásti“.
(Dle webových stránek <http://www.kod.tul.cz/smazat/laboratore/Spojovani/index.html>)
[5]

Po vychladnutí se docílí spojení materiálu. Hlavní podmínka pro svařování je ta, že materiál musí obsahovat alespoň 60% termoplastických vláken.

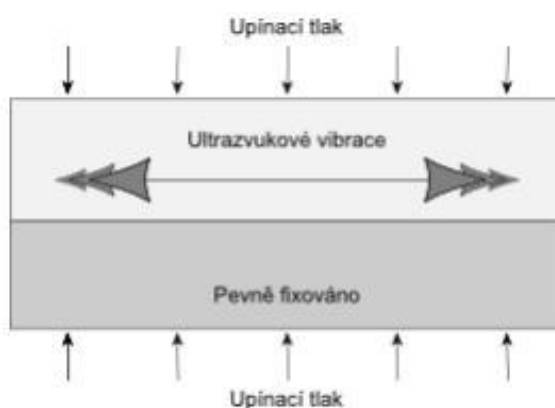
Pevnost a kvalita spoje závisí na více faktorech. Záleží na tom, jak dlouho se na materiál bude působit:

- ultrazvukovými vibracemi
- frekvencí
- přitlačnou silou
- amplitudou kmitání

Svařování ultrazvukem je zjednodušeně spojení dvou materiálů, které vznikne ve svařovacím místě pomocí ultrazvukové energie. Během několika posledních let se spojování ultrazvukem rozšířilo. Sám o sobě ultrazvuk je velmi univerzální proces, který lze použít v širokém rozsahu aplikací od laminace/lepení, perforace, řezání, spojování a další. [4], [5], [6]

2.3.1.1 Základy ultrazvukového svařování

Ultrazvukové svařování je způsob spojování, který se využívá za pomoci vysokofrekvenční mechanické zvukové vlny, viz obr. č. 5, která vytváří molekulární vazby mezi termoplastickými materiály, jako jsou například netkané textilie, filmy nebo vstřikované plastové díly. Během ultrazvukového svařování jsou mechanické vibrace zavedeny do materiálu při vysoké frekvenci 20,000 Hz nebo i více cyklů za sekundu. Ultrazvukové vibrace tzv. cestují ve tvaru vlny, podobně jako se pohybuje světlo. Nicméně, na rozdíl od světelné vlny, která se může pohybovat ve vakuu; ultrazvuk vyžaduje pružné médium, například plyn, kapalinu nebo pevnou látku.



Obrázek 5 Princip ultrazvukového svařování [19]

Ultrazvuk je termín používaný pro vysoké frekvence od 20 kilohertz do 1 gigahertz. Tyto frekvence jsou nad rozsah stupnice, kterou lidé slyší. Ultrazvukové svařovací systémy se běžně používají při frekvencích 20, 30 nebo 35 kHz.

Síla a pevnost ultrazvukového svařování

Dva klíčové parametry, které mění pevnost spoje, je amplituda a síla. Amplitudu vibrací lze měnit pomocí amplitudových spojek s různými přírůstky a elektronickou úpravou na ultrazvukovém generátoru.

Potřebná výše síly závisí na pevnosti spoje, materiálu nebo kombinaci materiálu k lepení. Aby se dosáhlo konzistentní kvality spoje, musí být oba svařované parametry, tedy amplituda a síla, konstantní. Svařování je nákladově efektivnější než klasické metody lepení využívající lepidla. Pro mnoho aplikací, které byly tradičně spojovány lepidlem, ultrazvuková spojovací technologie může být atraktivní alternativou. Pevnost spoje je docílena prakticky okamžitě, odpadá chladicí fáze, což má za následek nižší náklady na energii.

2.3.1.2 Výhody a nevýhody ultrazvukové spojování

Výrobní proces již není závislý na dostupnosti lepidel. Možnost použití tenčích materiálů: úspora nákladů díky použití tenčích materiálů, lepidlo neprosvítá použitím tenkých netkaných textilií a nevytváří se trvalé deformace díky tenkým filmům a hotmeltovým lepidlům. Ultrazvukové spojení funguje bez teplého tlakového média, které by mohlo ublížit operátorům nebo zaměstnancům údržby. Šetrnost životního prostředí díky teplu, které se generuje skrz vysokofrekvenční mechanické kmitání, které vzniká mezi svařovanými díly jako závěr třením částic a povrchu. Další velkou výhodou je rychlost, která přeměňuje energii zvuku na teplo, což trvá cca méně jak 1 vteřinu. U strojů nevzniká kontaminace lepením, žádné ucpané lepící trysky nebo zlomené řídicí moduly nanesením lepidla hlavami.

Nevýhody:

Vzhledem k povaze procesu ultrazvukové spojování obvykle vyžaduje termoplastické materiály, které se mohou roztavit k vytvoření spoje. Nicméně v některých případech je možné dosáhnout dostatečné pevnosti vazby s použitím netermoplastických materiálů, jako je například tkanina. Lze svařovat pouze takové díly, jaké umožňují čelisti přístroje a ty jsou malé, problém bývá svařit velké díly. Pro každý spoj se musí jednotlivě vytvořit nástroje a přípravky na míru. Jedná se nerozebíratelný spoj a materiály s nižším obsahem syntetických vláken není možné svářet.

Použití:

Využívá se s velkou převahou tam, kde jiné technologie selhávají a jsou nevyhovující, jako jediná možnost pak zbývá ultrazvukové spojování. Nejběžnější použití:

- v elektrotechnice, elektronice,
- speciální měřicí přístroje,
- sondy
- obalová technika (plastické hmoty, ABS na výrobu potrubí, strojírenství, potravinářství...)
- lze svařit také hliníkové a stříbrné drátky s napařenou tenkou vrstvou kovu,
- švové svařování se používá pro hermetické uzavírání obalů chemikálií, léčiv, výbušnin a radioaktivních látek, [4], [5], [6], [19], [21] [25], [24], [1]

2.4 Technické textilie

„Technické textilie jsou inženýrsky konstruované textilie pro přesně vymezené podmínky aplikace.“ (Dle autora Hanuše, 2001, str. 13) [18]

Technické textilie se pořád vyvíjejí a tím vznikají další možnosti textilních technologií. Nevětší význam mají netkané textilie, pleteniny zátažné i osnovní, spojování vpichováním. Pod pojmem technická textilie se rozumí všechny produkty, které se nepoužívají pro estetické vlastnosti, jako může být např. vzhled, ale využívají se hlavně pro užitnou nebo funkční vlastnost nebo také pro nespolečenské (průmyslovou) oblast. Na rozdíl od oděvních textilií lze u většiny technických textilií velmi dobře vyhodnotit užitné vlastnosti, které odpovídají účelu použití pro daný typ technické textilie. Základní aplikace a využití textilií je veliké, ať už to jsou textilie pro zemědělství, lékařství, stavebnictví, automobilový průmysl, transport a doprava, bytové textilie, sport a spousta dalších.

V dnešní době představují ve světovém měřítku využití okolo 30% - 40% z celkové produkce textilií. Tato procenta se ale neustále zvyšují a zájem o ně narůstá.

Podle oblasti, kde je možné výrobky aplikovat, textilie dělíme na: geotextilie, agrotextilie, průmyslový textil, textilie pro medicínu, ochranné textilie, bytový textil, textilie pro dopravní prostředky, sportovní textil, eko textil, textil pro obaloviny, ostatní technické textilie, [2], [3], [18]

Automobilový průmysl

Konstrukční materiály pro vnitřní a vnější vybavení a materiál pro karoserii. Mezi ně patří např.: potahy na sedadla, obložení dveří, zvukovo-izolační textilie, strop, výplňkové materiály, bezpečnostní pásy, čalounění sedadel, apod. [2], [3]

2.4.1 Vlákná používaná pro technické textilie

- přírodní vlákna
 - rostlinného původu: len, konopí, juta, bavlna
 - živočišného původu: vlna
- chemická vlákna
 - z přírodních polymerů: viskóza
 - hutnická: kovová, skleněná

- ze syntetických polymerů: polypropylen, polyester, polyamid, polyuretan
- speciální vlákna (high-tech vlákna)
 - vysoce výkonná vlákna (vysoce pevná vlákna, vlákna s vysokým modulem, tepelně odolná vlákna)
 - vysoce funkční vlákna (vlákna se zlepšenými tepelnými vlastnostmi, vlákna se zlepšeným komfortem, vlákna chránící proti UV záření, vlákna odolná vůči mikroorganismům, napodobení přírodního hedvábí, mikrovlákná, vlákna se speciálními barevnými efekty, voňavá vlákna)
 - vlákna pro speciální aplikace (vlákna pro medicínu, vlákna pro čisté provozy, vlákenné absorbenty)
 - speciální polymery (biopolymery, vlákna z plísni)
 - vlákna pro kompozita (whiskery, keramická vlákna) [2], [3], [25]

2.4.1.1 Aplikace

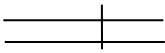
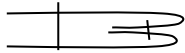
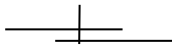
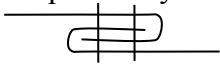
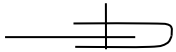
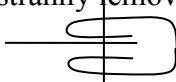
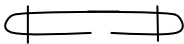
Aniž si to možná uvědomujeme, předměty z fólií zpracovávaných pomocí ultrazvuku nás obklopují každý den.

- krycí podložky pro matrace
- bezpečnostní pásy
- oblečení do deště
- zapečetěné uzávěry
- podložky pod koberce
- průhledné obaly
- jednorázové zdravotnické oděvy
- kartónové obaly pro ovocné šťávy
- venkovní nábytek
- vložky ve víčkách lahví
- automobilové doplňky [2], [3]

2.4.2 Nejčastěji používané druhy švů u technické konfekce

Mezi nejpoužívanější typy švů používaných pro výrobu technické konfekce se používají tyto švy: [8], [30], [14], [15]

Tabulka 1 Nejpoužívanější druhy švů

Označení švu podle ISO normy	Název a znázornění švu	Použití
1. 01. 01	Jednoduchý hřbetový 	Airbagy, ochranné vesty, ochranné oděvy, autopotahy, sportovní tašky, atd.
1. 06. 03	Dvojitý hřbetový 	Montážní švy tašek, vaků
2. 01. 01	Jednoduchý přeplátovaný 	Školní pouzdra, Airbagy, stany, ochranné plachty
2. 04. 04	Přeplátovaný 	K šití padáků, k sešívání dílů balónů
3. 01. 01	Lemovací 	Ochranné oděvy, spacáky, neprůstřelné vesty,
3. 05. 03	Oboustranný lemovací 	Sportovní tašky, ochranné oděvy, batohy,
8. 02. 01	Začišťovací 	Popruhy

2.5 Mechanické namáhání technických textilií

Hlavní problém těchto speciálních textilií při zkoušení je jejich tloušťka, která se pohybuje okolo 2,5-15 um. Díky silnější tloušťce vlákna jsou pro zkoušení vyhraněné omezené metody. [2], [22]

2.5.1 Statické a dynamické namáhání

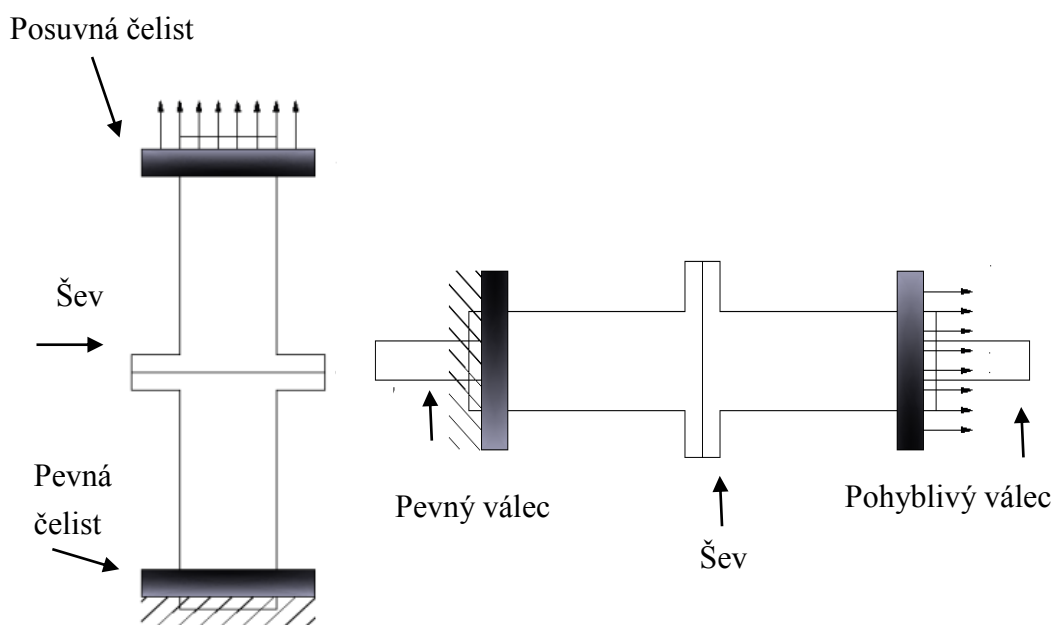
Zkoušky rozdělujeme podle povahy působících sil na statické a dynamické. Uchycení vzorků viz obrázek č. 6 a 7. Podle rychlosti působení sil je materiál namáhán staticky nebo dynamicky. Základní rozdíl těchto dvou typů namáhání:

- Statického namáhání: jedná se o pozvolné namáhání spoje, které může trvat několik sekund, minut a v extrémních případech i dnů. Materiál necháváme pozvolna dojít až do přetrhu. Vnější síly jsou při tomto typu namáhání neproměnné.
- Dynamické namáhání: k vzrůstu napětí dochází velice rychle během několika málo vteřin a materiál se velmi rychle přetrhává. Běžné je využití tohoto principu u airbagů a bezpečnostních pásů. Hraje zde velice důležitou roli, aby působící síly vznikající při velké síle výrobek nepoškodily.

Dynamické namáhání: rozdělení

V případě dynamického namáhání dochází k porušování materiálu při podstatně menším napětí, než při statické zkoušce. Podle způsobu stanovení vlastností a podle účelu se mechanické vlastnosti dále dělí na:

- krátkodobé – vliv relaxačních dějů se považuje za zanedbatelný, stanovení požadovaných parametrů proběhne do několika minut (zkouška tahem, zkoušky tvrdosti)
- dlouhodobé – podle charakteru působící síly se dělí na statické (relaxace napětí, křipové deformační zkoušky) a dynamické (rázová a vrubová houževnatost, cyklické zkoušky) [2]



Obrázek 6, 7 Šev při napětí v příčném tahu (A – statická zkouška, b - dynamická zkouška)

2.6 Elektromagnetické záření

*„Na vlnění s krátkými vlnovými délkami lze nahlížet tak, že se šíří přímočaře proto, že na běžných předmětech, s nimiž vlnění interaguje, nedochází k ohybu vlnění.“
(Dle webové stránky: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/719-zareni-absolutne-cerneho-telesakratky>) [27]*

Všechna tělesa vydávají elektromagnetické záření. Dopadající záření na těleso může záření buď pohltit, nebo odrazit. Struktura látky není statická - uvnitř struktury probíhá neustálý pohyb (např. u molekul, atomů a jejich jader). Látka je tvořená z malých částic, které na sebe působí vzájemnými silami, které se dají vysvětlit tím, že částice kolem sebe vzájemně tvoří silové pole a tím působí na ostatní částice. [27]

2.6.1 UV záření

UV záření je část elektromagnetického záření o vlnové délce kratší než viditelné světlo. Na obrázku č. 8, lze vidět spektrum elektromagnetického záření. Lidské oko vidí pouze malou část tohoto záření, tato část se nazývá viditelné záření.

Základním zdrojem UV záření v přírodě je Slunce. UV záření lze realizovat a vytvořit jej také uměle. Můžeme rozeznat více typů záření, které se určuje podle vlnové délky, účinku, jedná se o:

- UVA záření o vlnové délce 400 až 320 nm,
- UVB záření má vlnovou délku 320 až 280 nm
- UVC záření o vlnové délce 280 až 100 nm

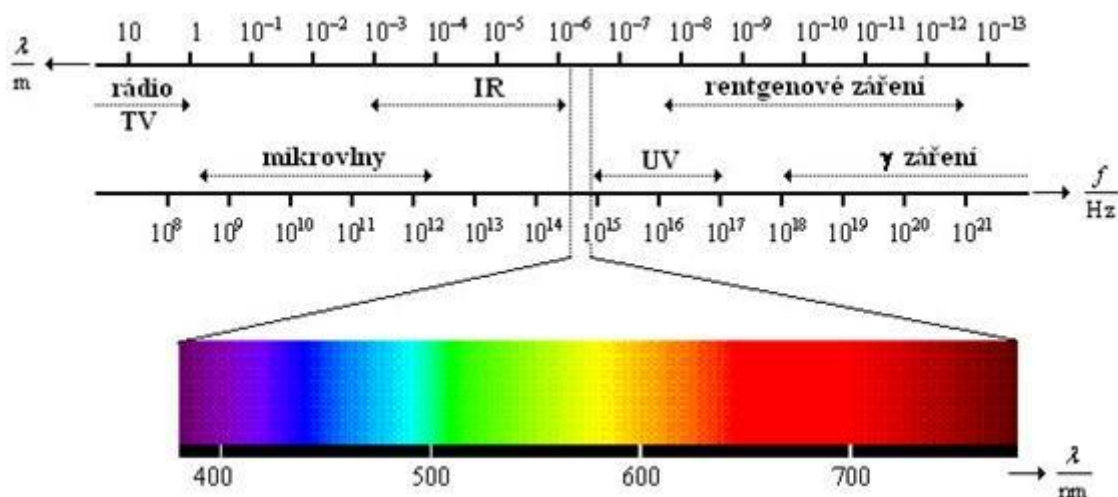
UVC záření je pohlceno ozonovou vrstvou Země a je rozptýleno v ionosféře, tudíž na zemský povrch nepronikne. Velké množství UVB záření je také pohlceno v ozónové vrstvě, na zemský povrch ho dopadá jen asi 1 až 10 %, takže venkovní expozice je tvořena z 90 až 99 % UVA zářením.

Složení slunečního záření a jeho intenzita záření výrazně kolísá. Záleží na znečištění atmosféry, na zeměpisné šířce, na nadmořské výšce, na ročním období a denní době, atd. Uplatňuje se redukce UV záření ozonovou vrstvou stratosféry a pohlcování infračerveného záření vodními parami. Odrazem od ledovců, bílého písku, vodních ploch a odrazem od sněhu se intenzita UV záření výrazně zesiluje až o 85 %.

2.6.2 Zkouška světlostálosti

Degradace vláken je nepříznivou odezvou materiálu na povětrnostní podmínky, což může vést k předčasnému ukončení funkčnosti materiálu. Hlavními faktory, které ovlivňují degradaci vláken, jsou sluneční záření, teplo a vlhkost.

Sluneční záření je obvykle prvotním faktorem, který vede ke spuštění degradace vláken. Z toho důvodu je prováděná zkouška světlostálosti daných materiálů. [27], [28],[29]



Obrázek 8 spektrum elektromagnetického záření [27]

3 Experimentální část

Cílem experimentální části diplomové práce bylo porovnání pevnosti a vlastností šitých spojů a nekonvenčních způsobů spojování se zaměřením na automobilový průmysl. Dalším cílem bylo zjistit, zda je možné úplně nahradit šicí stroj ultrazvukovým svařovacím strojem, a to z hlediska pevnosti, ceny, designu a obtížnosti.

Pevnost šitých spojů byla měřena pomocí dvou typů zatěžování a to při statickém a dynamickém zatěžování. Statická zkouška byla prováděna na trhacím přístroji Testometric model M350-5CT a dynamická zkouška byla prováděna na přístroji, který byl sestaven na Fakultě strojní Technické univerzity v Liberci, jedná se o trhací přístroj pro dynamické namáhání.

Měření byla provedena v laboratořích Technické univerzity v Liberci na katedře oděvnictví a katedře částí a mechanismů strojů v Ústavu pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace - Oddělení aplikované mechaniky. Zjištění struktury a složení materiálu bylo zjištěno na Katedře materiálového inženýrství a Katedře hodnocení textilií. Všechna měření byla provedena podle EN ISO 139, vzorky byly uloženy bez napětí minimálně 24 hod. v klimatických podmínkách.

3.1 Charakteristika zkoušených materiálu

Materiál a šicí nitě byly poskytnuty firmou Johnson Controls Česká Lípa, jedná se tedy o materiály, které se skutečně používají ve výrobě přímo určené pro automobilový průmysl, podrobněji autosedačky.

Společnost Johnson Controls je nadnárodním gigantem působícím v mnoha technologických odvětvích, zaměřující se na automobilový a stavební průmysl, včetně výroby technologických či průmyslových součástek pro automobily a hybridní elektrická vozidla. Johnson Controls je výrobcem automobilových interiérů a zároveň dodavatelem pro přední celosvětové automobilové závody. Firma poskytla 5 různých typů nití a jeden materiál. V tabulce č. 2,3 a na obrázku č. 9, 10 je lze vidět.

Zkoušeno bylo celkem 5 typů nití, z nichž z každé bylo vždy odstriženo 5 vzorků pro měření, dále byl zkoušen jeden materiál. U statické zkoušky dle normy ČSN EN ISO 13935-1 bylo porovnáváno a hodnoceno 5 vzorků, u dynamické zkoušky pouze jeden. [32]

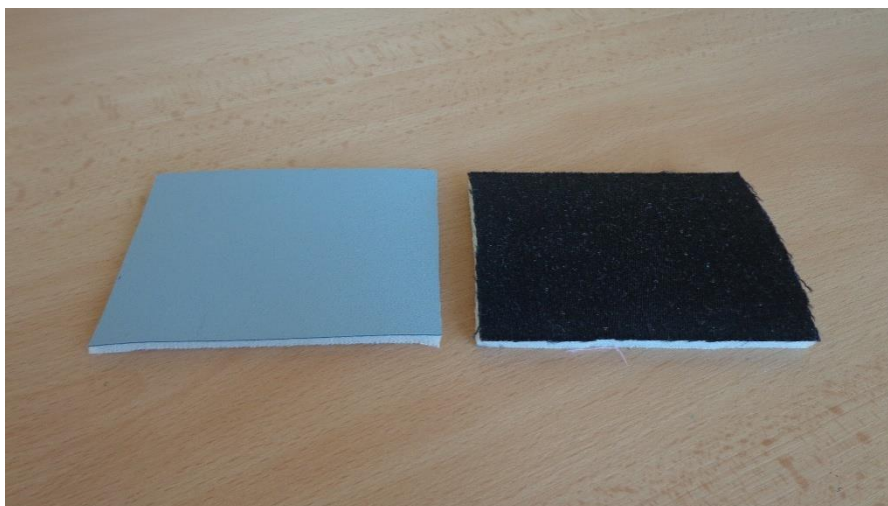
3.1.1 Materiálové složení

Materiál:

V tabulce č. 2 jsou podrobněji popsány materiály, které byly použity v experimentu, a na obrázku č. 9 je možné vidět materiály vyfocené. Reálné materiály a nitě jsou vloženy v příloze č. 1.

Tabulka 2 Vlastnosti materiálů

Vlastnosti:	Typ č. 1	Typ č. 2
Barva	Šedá	Černá
Materiál	Koženka	Tkanina
Plošná hmotnost	9,485 g/m ²	4,793 g/m ²
Vrchní tkanina:	Polypropylen	Polyester
Výplň:	Polyuretanová pěna	Polyuretanová pěna
Podšívka:	Pletenina- polyester	Úpletová pletenina (zátažná jednolící)- polyester
Tloušťka:	0,39 mm	0,59 mm



Obrázek 9 typy použitých materiálů

Charakteristika šicích nití:

Tabulka 3 Charakteristika šicích nití

Vlastnosti	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E
Výrobce:	Neuvedeno	A&E Europe	A&E Europe	Neuvedeno	A&E Europe
Obchodní název:	AMI 40- 4000 A925	FILAN 40 AS	FILAN 30 AS	AMIFIL 30- 6000 1137	FILAN 21 AS
Materiálové složení:	PA 6.6 multifil	100 % PES, multifil	100 % PES, multifil	PA 6.6 , multifil	100 % PES, multifil
Jemnost:	80 tex	77,6 tex	93,66 tex	104 tex	159 tex
Nm	40/3	40/3	30/3	30/3	21/3
Konstrukce:	Trojmo skaná	Trojmo skaná	Trojmo skaná	Trojmo skaná	Trojmo skaná
Směr zákrutu:	Z- pravý zárkut	Z- pravý zárkut	Z- pravý zárkut	Z- pravý zárkut	S- levý zákrut



Obrázek 10 seřazené nitě

3.2 Charakteristika a popis použitých přístrojů

Pro vzorky byl zvolen nejpoužívanější typ švu a to jednoduchý hřbetový šev. K sešití materiálu byl použit šicí stroj Sunstar KM-340BL: 1- jehlový dvounitný stroj se stehem vázaným, který se využívá pro střední a těžkou konfekci. Pro šicí stroj byla zvolena síla jehly 100/16. Dále byl použit 1- jehlový řetízkový šicí stroj BROTHER INDUSTRIES DT4-B261-012-0 se silou jehly 120/19.

Ke svařování byl využit kontinuální svařovací stroj od firmy Pfaff. Pro zjištění pevnosti trhací přístroj - Testometric M350-5CT, a přístroj pro dynamickou zkoušku. Dynamická zkouška byla zaznamenána pomocí rychlokamery. V další kapitole je princip strojů podrobněji popsán.

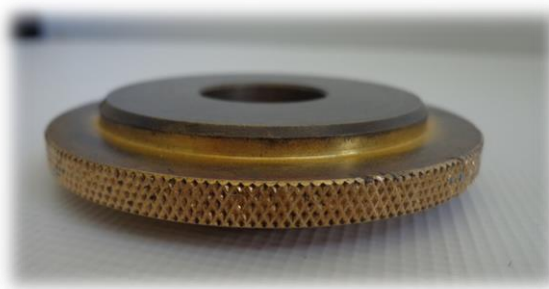
3.2.1 Ultrazvukový svařovací stroj - PFAFF 8310-142/001

Svařovací stroj je složen z točivého titanového kolečka ve spodním rámu a z rotační kruhové sonotrody na vrcholu ramene. Svařovací materiál je vložen do mezery mezi dvě sonotrody a pomocí tlaku je stlačován. Lze nastavit 4 hodnoty pro svaření: tlak, mezeru, rychlost 0,5-10 m/min a výkon 100%-50% (400W -35 kHz). Vrchní kolečko lze snadno měnit a nastavovat jinými typy koleček. Kolečka mají odlišnou stopu, motiv a šíři. Přístroj slouží za pomoci diferenciálního podávání. Při tloušťce materiálu nad 50 μm je doporučeno použít mezeru: 0 – 2 mm, svařovací tlak lze nastavit až do 800 N.

K tomu, jaké výsledné svařovací hodnoty byly zvoleny pro experiment, byla zapotřebí řada odzkoušení a nastavování hodnot. Než autorka zvolila optimální svařovací hodnoty, provedla vlastní odzkoušení a dále se inspirovala pročtením jiných diplomových a bakalářských prací zaměřených na podobnou tematiku. Pro porovnání byly zvoleny 3 odlišné výkony přístroje, ostatní hodnoty se ponechaly stejné a zjišťovalo se, zda má výkon vliv na pevnost spoje materiálu. V práci byly použity dva typy koleček: vroubkované a kolečko na imitaci šitého stehu viz obrázek č. 11, 12 a 13.



Obrázek 11 Svařovací kolečka



Obrázek 13 Vroubkované kolečko



Obrázek 12 Kolečko na imitaci šitého spoje

Pro experiment byly zvoleny následující parametry. :

- Výkon: 25 %, 27 %, 29 %. Při nižším výkonu se svařovaný materiál počal ihned od sebe odlepovat i pouhou lidskou silou, což nemělo smysl dále v experimentu pokračovat. U vyšších hodnot nebylo možné materiál vůbec svařit, tavit se ihned v místě svařování a přístroj svařoval a tavit materiál na místě.
- Rychlost svařování: 1,2 m/min. Při nižší rychlosti se materiál ihned začal tavit a nebylo možné vzorek tzv. dosvařit, při vyšší hodnotě se materiál téměř vůbec nesvařil.
- Vzdálenost mezi sonotrodou a kolečkem 0,3 mm. Tato hodnota se nastavovala z hlediska tloušťky materiálu a pro všechny vzorky byla stejná.
- Tlak 2,5 bar. Tato hodnota byla pro všechny vzorky stejná

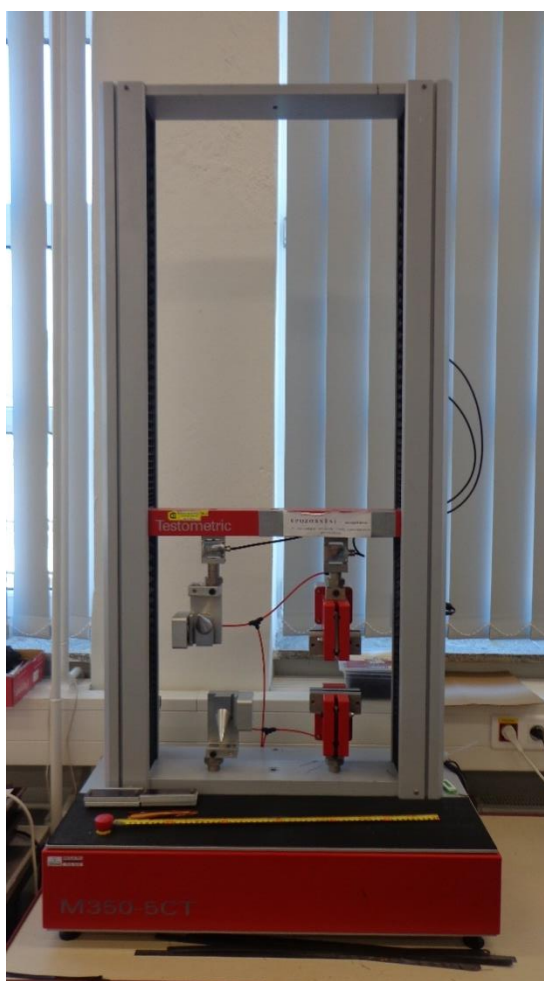


Obrázek 14 Ultrazvukový svařovací přístroj

3.2.2 Trhací přístroj - Testometric M350-5CT

Jedná se o stolní univerzální dvousloupový zkušební trhací přístroj (obr. č. 15), který je kompletně řízen přes počítač a využitím softwaru WinTest Analysis. Přístroj umožňuje dosáhnout výkonu, až 5000 N. Měří s přesností na 0,001 mm. Můžeme na něm měřit jak sílu, tak i prodloužení. Rychlost přístroje lze nastavit taktéž s přesností na 0,001 mm/min a to až do maximální rychlosti 2000 mm/min.

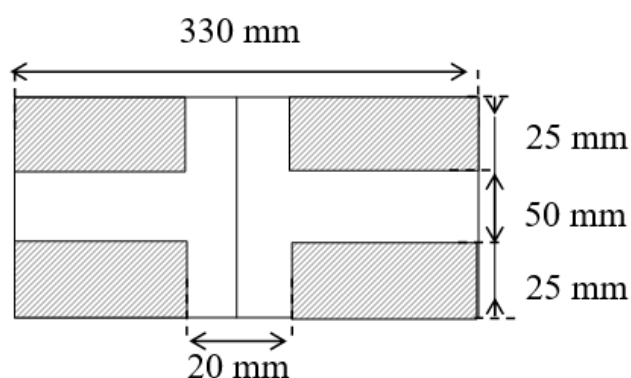
Přístroj je tvořen podstavcem, na který je připevněno zařízení pro zatěžování vzorků. V zatěžovacím zařízení jsou vodící dráhy pro vedení příčnicku. Na příčník je přidělena snímací hlava s horní čelistí. Dolní čelist, která je k měření také potřeba. Čelisti mohou mít různé tvary a určují se podle toho, jaké jsou požadavky na měření a jaký materiál použijeme. Měřicí přístroj je připojen k počítači, který zaznamenává a zpracovává naměřená data. [31], [35]



Obrázek 15 Trhací přístroj - Testometric M350-5CT

3.2.3 Tvar a příprava vzorků pro jednotlivé zkoušky

Tvar vzorků byl různý podle prováděné zkoušky, viz obr. 16. Pro nitě a statickou zkoušku byl nastříhán stejný počet vzorků vždy 5 pro každý typ zkoušky. U nití celkem 50 vzorků pro zkoušku klasické pevnosti a ve smyčce. U statické zkoušky celkem 65 vzorků, u dynamického namáhání pouze jeden vzorek ke každému typu nitě tedy 13 vzorků. U prvního zkušebnímu experimentu bylo pořízeno 9 vzorků. Z celého experimentu nakonec vyšlo 137 vzorků + zkušební a kazové vzorky, které nejsou uvedeny. Pro sešívání byla zvolena velikost: 4 stehy/ 1 cm, po zjištění, že se tato hodnota využívá při šití automobilových sedaček.



Obrázek 16 Vzorek pro jednotlivé zkoušky

3.2.4 Vyhodnocení získaných dat

Po provedených zkouškách na trhacích zařízeních byly u materiálu a nití vypočítány základní statistické údaje jako průměr, minimum, maximum, variační koeficient, směrodatná odchylka, 95% interval spolehlivosti viz příloha č. 2.

3.3 Analýza a vyhodnocení metod zjišťování pevnosti

V této části jsou blíže popsány a charakterizovány zkoušené metody pro získání potřebné pevnosti u nití a materiálů. U těchto metod je popsán princip zkoušení, závěrečné hodnocení, vyhodnocení grafem z naměřených hodnot a v neposlední řadě vyhodnocení všech metod navzájem.

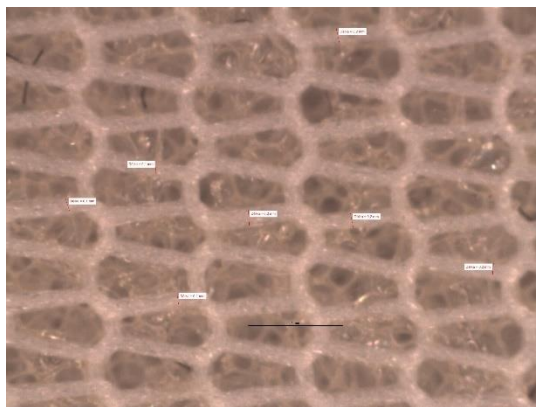
Všechny zkoušky se prováděly podle - ČSN EN ISO 13935-1 (800841) Textilie - Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků - Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strip. Definice zkoušky: Zkouška Strip je tahová zkouška, při které je celá šířka zkušební vzorku upnuta v čelistech zkušebního přístroje.

Zkušební podmínky: Před hodnocením byly vzorky uloženy 48 hodin v klimatizovaném prostředí - 65% relativní vlhkosti, teplota $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vlastní měření bylo provedeno v normálním zkušebním ovzduší podle ČSN 80 0060.

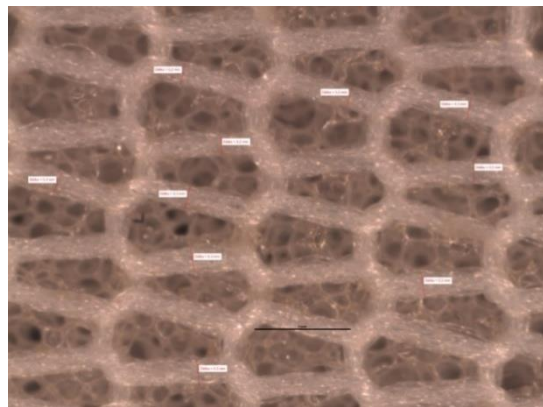
3.3.1 Obrazová analýza pomocí programu NIS - Elements

Tato část se týká vyhodnocení obrazové analýzy pomocí programu NIS-Elements. Tento počítačový systém kombinuje ovládání mikroskopu, fotoaparátu a kamery s výkonnými funkcemi pro analýzu, vizualizaci a archivaci nasnímaných obrazů. Obecný postup analýzy obrazu programem NIS-Elements Advanced Research je následující: 1. Sejmутí obrazu, 2. Otevření obrazu, 3. Úprava barevného obrazu, 4. Měření. Cílem je vyhodnotit rozměrové vlastnosti spodní vrstvy materiálu se zaměřením na šířku příze a její rozdílnost u vybraných 2 typů materiálů. Materiály se od sebe liší složením, vazbou a šířkou celého materiálu. Černý materiál je výrazně silnější oproti šedému.

Měření bodů bylo zvoleno náhodně na pár místech části příze, ze získaných hodnot se vytvořila průměrná hodnota šířky příze.



Obrázek 18 První typ materiálu



Obrázek 17 Druhý typ materiálu

Tabulka 4 Vyhodnocení pomocí obrazové analýzy

Typ materiálu	Šedý	Černý
1. měření	0,1 mm	0,3 mm
2. měření	0,1 mm	0,3 mm
3. měření	0,1 mm	0,3 mm
4. měření	0,2 mm	0,2 mm
5. měření	0,2 mm	0,2 mm
6. měření	0,2 mm	0,2 mm
7. měření	0,2 mm	0,3 mm
Výsledná hodnota	$\approx 0,157\text{ mm}$	$\approx 0,25\text{ mm}$

Černý materiál s hodnotou 0,25 mm vykazuje větší šířku části příze a je prostorově téměř o polovinu vyšší oproti druhému typu, kde šířka části příze vyšla pouhých 0,157 mm.

3.3.2 Zrychlená zkouška světlostálosti

-zkoumá vliv ultrafialového záření (dále jen UV záření) na textilní vlákna v automobilovém průmyslu. Zkoumaný vzorek je typ nitě. E polyesterová šicí nit. Vláknem bylo vystaveno působení UV záření v přístroji Suntest CPS+ po dobu 24 a 48 hod, při teplotě 60°C. Tímto přístrojem byla simulována zrychlená zkouška světlostálosti materiálu. Následně byl vzorek zkoumán pod konfokálním laserovým skenovacím mikroskopem Olympus LEXT OSL 3000. Byly pozorovány 3 skupiny z každého vzorku. Nejprve vzorek, který nebyl vystaven působení UV záření v přístroji Suntest CPS+, následně vzorek po 24 a dále po 48 hodinové expozici. Vzorek byl pozorován pod 20- ti násobným a 50- ti násobným zvětšením. Následně byl vzorek pozorovací metodou vyhodnocen.

3.3.2.1 SUNTEST

Přístroje Suntest jsou testovací komory pro zrychlené materiálové testování. Je možné zde simulovat změny způsobené účinky světla, teploty, vlhkosti, světla, což má za následek blednutí, žloutnutí i křehnutí vláken, které lze simulovat reálně během několika dnů či týdnů tak, jak by se reálně vyvíjely v průběhu měsíců či let. (4)

Nástroje Suntest byly navrženy tak, aby poskytly kvalitní ozáření a jednotnost. Filtrování xenonové výbojky je speciálně navrženo tak, aby pozorně simulovalo denní světlo. Přístroj Suntest CPS+ viz Obrázek 2. je nejmenší přístroj pro zkoušky stálobarevnosti materiálů v nabídce firmy Atlas MTT. (4) [29]



Obrázek 19 Přístroj Suntest [29]

3.3.2.2 Provedení experimentu v přístroji Suntest CPS+

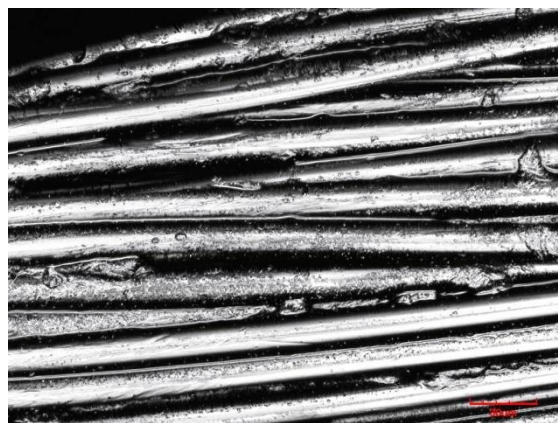
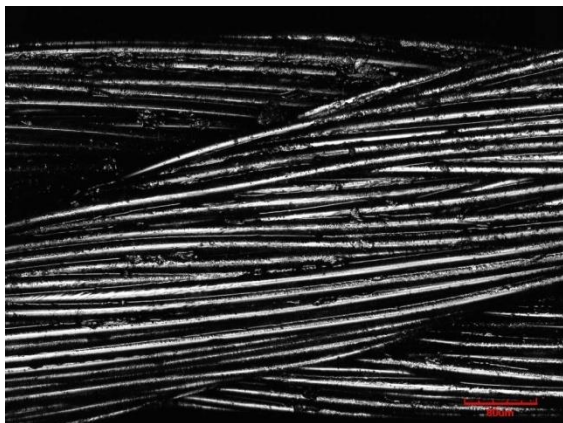
Postup zkoušky: Vzorek byl namotán na předem připravenou papírovou destičku o rozměru 5x5 cm. Na spodní stranu destičky byla vlákna přichycena samolepící páskou, čímž došlo k označení vrchní a spodní strany. Poté byly vzorky umístěny do testovací komory. Testovací komora byla nastavena na 60°C. Expoziční hodnota byla nastavena na 500 W/m². Vzorky byly ozářeny hodnotou 1 800 KJ/m².

Vzorky byly v komoře umístěny nejprve 24 hodin, což vedlo k navýšení expoziční hodnoty na 12 000 W/m² a navýšení ozáření na hodnotu 43 200 KJ/m². Poté byly vzorky překryty kovovou destičkou s obdélníkovým otvorem, čímž došlo k částečnému zakrytí vzorku a část vzorku byla exponována dalších 24 hodin. To vedlo k barevným změnám pozorovatelným lidským okem. Odkrytá část vzorku byla vystavena expoziční hodnotě 24 000 W/m² a ozáření vzrostlo na hodnotu 86 400 KJ/m².

Typ E- polyesterová šicí nit

0 Osvět- Testovaný vzorek šicí nitě před vložením do přístroje Suntest.

- Vzorek šicí nitě před umístěním do přístroje Suntest

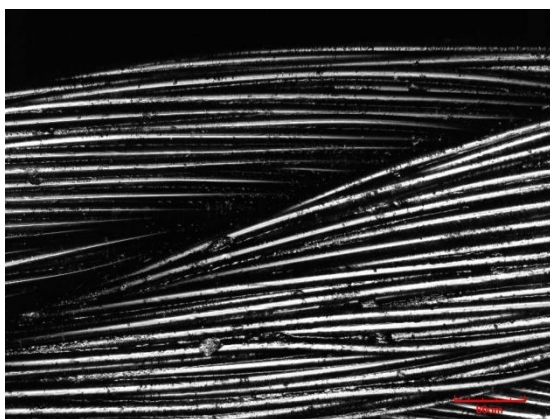


Obrázek 21 Zvětšení objektivu 20x, rozlišení 80 μm Obrázek 20 Zvětšení objektivu 50x, rozlišení 30 μm

Na obrázku 20 lze vidět, že nit je částečně degradovaná již před začátkem experimentu

24 Osvět- Testovaný vzorek šicí nitě po 24 hodinách v přístroji Suntest.

Z obrázku 22,23 jsou patrné drobné úseky nitě. Ty, které byly před začátkem experimentu celistvé, jsou nyní mírně poškozeny.

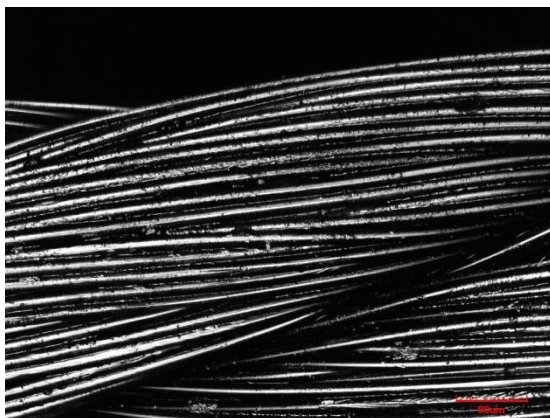


Obrázek 23 Zvětšení objektivu 20x, rozlišení 80



Obrázek 22 Zvětšení objektivu 50x, rozlišení 30

48 Osvit - Testovaný vzorek šicí nitě po 48 hodinách v přístroji Suntest.



Obrázek 24 Zvětšení objektivu 20x, rozlišení 80 μm



Obrázek 23 Zvětšení objektivu 50x, rozlišení 30 μm

Z obrázku 23 je patrné, že došlo k celkovému poškození povrchu nitě.

Vyhodnocení

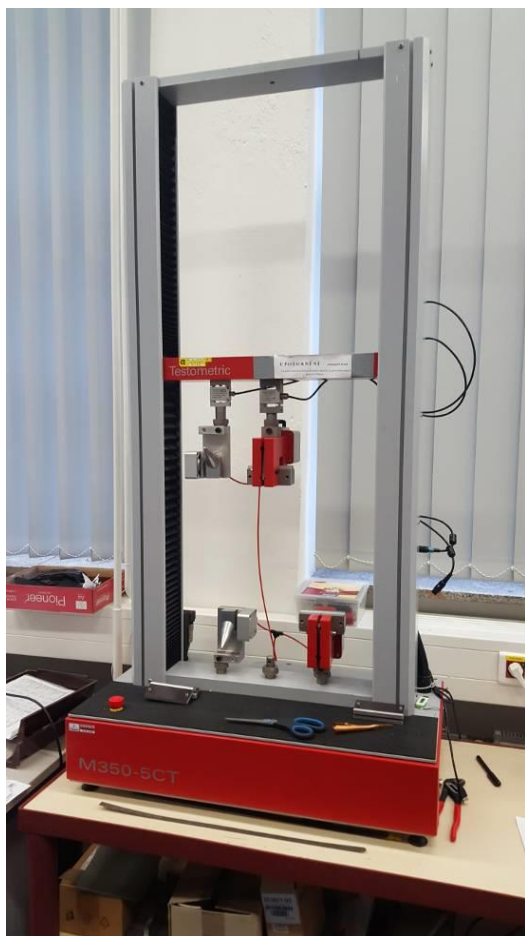
Byla zkoumána degradace polyesterové šicí nitě vlivem UV záření. Při pohledu na obrázek 20 je zřejmé, že šicí nit byla mírně degradována již před testováním. Při porovnání obrázků 22 (24 hodin pod UV světlem) a 23 (48 hodin pod UV světlem) je zřejmé, že dlouhodobější působení UV záření má velmi malý a téměř zanedbatelný vliv na degradaci šicí nitě. Proto se od této části experimentu u dalších zbylých čtyř nití upustilo.

3.4 Pevnosti a tažnost nití uchycených v tahu a ve smyčce

Na trhačím přístroji bylo zapotřebí zajistit vstupní parametry pro všechny vzorky. Nastavení definice na přístroji: rychlost protažení $v = 100 \text{ mm/min}$, upínací délka $l = 200 \text{ mm}$, předpětí: vypnuto, rozměry vzorku: šířka: 50 mm , tloušťka: 2 mm

Vyhodnocovala se u nich především jejich pevnost a tažnost na trhačím přístroji Testometric M350-5CT viz obr. č 25,26. Testometric M350-5CT je stroj, který se využívá k měření pevnosti a tažnosti plošných textilií, šicích nití a vlastnosti švů oděvních výrobků jako např.: posuvnost nití ve švu, pevnost a tažnost švu, cyklické namáhání, apod.

Zkoušky jsou rozděleny na dvě části. V první části je vyhodnoceno klasické uchycení nití do čelistí a vyhodnocuje se jejich pevnost a tažnost. Další část se věnuje uchycení nití ve smyčce, kde se vyhodnocují ty samé vlastnosti jako u klasického uchycení. V závěru je vše vyhodnoceno grafem a tabulkami.



Obrázek 26 Trhačí přístroj - Testometric M350-5CT



Obrázek 25 Čelisti trhačího přístroje

3.4.1 Pevnost, tažnost nití klasicky- 1. Část

V první části je vyhodnoceno klasické uchycení nití do čelistí přístroje a vyhodnocuje se jejich pevnost a tažnost.

Tabulka 5 Pevnost nití typu A, B

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Typ nitě	Typ nitě A		Typ nitě B	
1	57,100	18,133	71,450	26,319
2	59,060	18,607	70,860	25,947
3	57,460	18,173	70,780	25,861
4	58,360	18,615	70,800	25,474
5	59,520	18,988	71,520	25,689
PRŮMĚR	58,300	18,503	71,082	25,858
Min	57,100	18,133	70,780	25,474
Střed.	58,360	18,607	70,860	25,861
Max	59,520	18,988	71,520	26,319
S.O.	1,027	0,355	0,370	0,315
VK	1,761	1,919	0,520	1,218
95% is	0,900	0,311	0,324	0,276

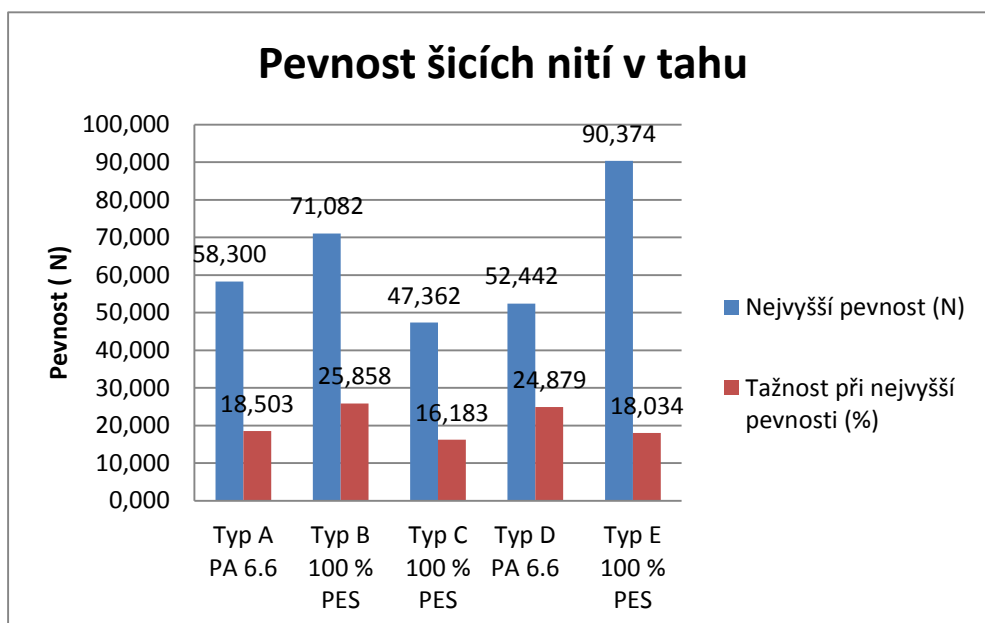
Tabulka 6 Pevnost nití typu C, D

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Typ nitě	Typ nitě C		Typ nitě D	
1	46,860	15,993	52,560	24,687
2	45,420	15,141	52,760	25,507
3	48,650	16,897	52,630	25,125
4	47,940	16,318	51,440	23,845
5	47,940	16,568	52,820	25,229
PRŮMĚR	47,362	16,183	52,442	24,879
Min	45,420	15,141	51,440	23,845
Střed.	47,940	16,318	52,630	25,125
Max	48,650	16,897	52,820	25,507
S.O.	1,260	0,670	0,569	0,649
VK	2,660	4,143	1,086	2,608
95% is	1,104	0,588	0,499	0,569

Tabulka 7 Pevnost nití typu D

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Typ nitě	Typ nitě E	
1	82,240	16,012
2	91,300	18,058
3	91,450	17,172
4	94,120	18,184
5	92,760	20,744
PRŮMĚR	90,374	18,034
Min	82,240	16,012
Střed.	91,450	18,058
Max	94,120	20,744
S.O.	4,688	1,746
VK	5,187	9,684
95% is	4,109	1,531

Graf 1 Pevnost šicích nití



Vyhodnocení:

Z grafu číslo 1. lze vidět, že nejvyšší pevnost má typ nitě E, která má také nejvyšší jemnost a je nejsilnější. Nejméně pevná je typ nitě C, ale co se týče tažnosti, je naopak nejtažnější typ nitě B a nejméně tažná je nit C. Při nejvyšší pevnosti se prodloužila nejvíce nit typu B a nejméně opět typ C.

3.4.2 Pevnost, tažnost ve Smyčce- 2 část

Druhá část se věnuje uchycení nití ve smyčce do čelistí přístroje a dále se věnuje vyhodnocení jejich pevnosti a tažnosti. Jelikož se jedná o smyčku, kdy se musí spojit dvě nitě oproti předchozí metodě, kde se trhá pouze jedna nit, výsledné hodnoty je zapotřebí vynásobit dvěma. Rozdílné čelisti, kterými se získává pevnost ve smyčce, lze vidět na obrázku č. 27 a č. 28. Měření jsou vyhodnocena v tabulkách č. 8 – 10.



Obrázek 28 čelisti pro upínání nití



Obrázek 27 čelisti pro upínání nití

Tabulka 8 Pevnosti nití typu A, B

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Typ nitě	Typ nitě A		Typ nitě B	
1	138,940	24,924	189,580	37,728
2	147,700	25,606	193,680	37,928
3	138,520	24,352	194,100	37,332
4	143,300	24,852	188,440	36,562
5	144,220	25,512	189,520	36,536
PRŮMĚR	142,536	25,049	191,064	37,217
Min	138,520	24,352	188,440	36,536
Střed.	143,300	24,924	189,580	37,332
Max	147,700	25,606	194,100	37,928
S.O.	3,845	0,516	2,624	0,647
VK	2,698	2,060	1,373	1,738
95% is	3,371	0,452	2,300	0,567

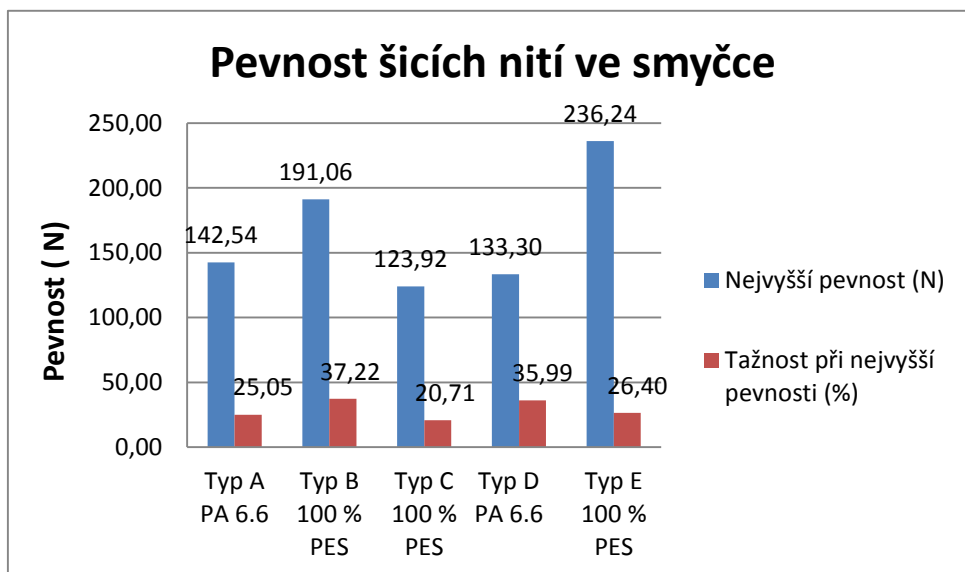
Tabulka 9 Pevnosti nití typu C, D

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Typ nitě	Typ nitě C		Typ nitě D	
1	124,660	20,508	133,580	36,180
2	119,940	20,620	132,200	35,740
3	124,720	20,618	132,580	35,476
4	121,360	20,426	132,540	36,186
5	128,900	21,396	135,620	36,372
PRŮMĚR	123,916	20,714	133,304	35,991
Min	119,940	20,426	132,200	35,476
Střed.	124,660	20,618	132,580	36,180
Max	128,900	21,396	135,620	36,372
S.O.	3,478	0,390	1,393	0,370
VK	2,807	1,883	1,045	1,028
95% is	3,048	0,342	1,221	0,324

Tabulka 10 Pevnost nitě typu E

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Typ nitě	Typ nitě E	
1	229,160	25,150
2	230,480	25,038
3	224,800	25,714
4	245,380	28,950
5	251,380	27,160
PRŮMĚR	236,240	26,402
Min	224,800	25,038
Střed.	230,480	25,714
Max	251,380	28,950
S.O.	11,478	1,656
VK	4,858	6,272
95% is	10,060	1,451

Graf 2 Pevnost šicích nití ve smyčce



Tabulka 11 Pevnost šicích nití v tahu a ve smyčce

	Klasicky uchyceno		Uchyceno ve smyčce	
	Nejvyšší hodnota	Nejnižší hodnota	Nejvyšší hodnota	Nejnižší hodnota
Pevnost (N)	Typ E -90,37	Typ C- 47,36	Typ E -236,24	Typ C- 123,91
Tažnost (%)	Typ B- 25,85	Typ C-16,18	Typ B- 37,217	Typ C-20,714

Vyhodnocení: Z grafu číslo 4 lze vidět, že nejvyšší pevnost ve smyčce má nit typu E a jako nejméně pevná je nit typu C, ale co se týče tažnosti tak naopak nejtažnější je nit typu B a nejméně tažná nit typu C. Při nejvyšší pevnosti se prodloužila nejvíce nit B a nejméně opět typ C.

3.4.3 Celkové vyhodnocení obou metod navzájem

Ze získaných výsledků z experimentu v tabulkách č. 5 - 10, které jsme získali vždy po dokončení každé zkoušky z trhacího přístroje, jsme zjišťovali rozdílnou pevnost a tažnost u 5 typů nití uchycených ve smyčce nebo klasicky v čelistech trhacího přístroje. Z tabulky č. 11 lze vidět, že na pevnost nitě nemá vliv způsob, jakým je uchycena, jelikož u obou typů vychází nejvyšší a nejnižší hodnota u téhož typu nitě. Např. pevnost je u smyčky i klasického upnutí nejvyšší u nitě č. 5 a nejnižší u nitě č. 3. Ale pokud shlédneme hodnoty v tabulce č. 11, tak smyčka má vyšší pevnost oproti klasickému uchycení, jelikož ve smyčce jsou dvě nitě a v klasickém přetruhu pouze jedna.

U namáhání nití ve smyčce se dále hodnotila teoretická pevnost ze vzorců z řešební části 2.2.1 a 2.2.1.2 Dle řešební části bylo v experimentu ověřeno, zda teoretická část odpovídá daným vzorcům. Jsou zde hodnoceny 4 typy vzorců: 1. a 2. vzorec: Pevnost nitě v kličce (F_{nk}) je nižší než dvojnásobek pevnosti nitě v tahu (F_n), dle [33] závisí na koeficientu pevnosti nitě v kličce (φ). 3. vzorec: Počítá se relativní pevnost ve smyčce, tato hodnota se zjišťuje z toho důvodu, že dochází ke vzájemnému překřížení nití při tvorbě stehu (tah+smyk). 4. vzorec: Počítá pevnost ve smyčce k počtu smyček a koeficientu ztráty pevnosti, který je 40%.

1 vzorec $F_{nk} < 2 \cdot F_n$

2. vzorec $F_{nk} = 2 \cdot F_n \cdot \varphi$ $\varphi = \frac{F_{nkp}}{100}$

3. vzorec $f_{sm} = \frac{F_{sm}}{2F} * 10^2 [\%]$

4. vzorec $F_s * \mu * \psi$

Tabulka 12 Vypočítané hodnoty z uvedených vzorců

Typ vzorce	1 vzorec		2 vzorec		3 vzorec
	F_{nk}	$2 \cdot F_n$	F_{nk}	$2 \cdot F_n \cdot \varphi$	$\frac{F_{sm}}{2F} * 10^2$
Typ A (N)	71,268	116,6	67,198	81,62	61,12 %
Typ B (N)	95,532	142,164	65,408	99,514	67,198 %
Typ C (N)	61,958	94,724	63,548	66,306	65,408 %
Typ D (N)	66,652	104,884	65,350	73,418	63,548 %
Typ E (N)	118,12	180,748	118,12	126,524	65,350%

Tabulka 13 Porovnání pevnosti s teoretickou pevností

Typ vzorce	4 vzorec	
	Porovnání s teoretickou pevností šitého spoje se smyčkami	
Pevnost	Pevnost smyčky	Pevnost vázaného stehu
Získané hodnoty	$F_s * \mu * \psi$	Hodnoty získané z trhacího přístroje
Typ A	356,34 (N)	904,92 (N)
Typ B	477,66 (N)	1099,94 (N)
Typ C	309,79 (N)	856,08 (N)
Typ D	333,26 (N)	951,92 (N)
Typ E	590,6 (N)	1316,06 (N)

Vyhodnocení teoretické pevnosti uchycení nití ve smyčce

Vzorec č. 1 odpovídá tomu, co je napsáno, tedy že pevnost nitě v kličce je nižší než dvojnásobek pevnosti nitě v tahu.

Vzorec č. 2 uvádí, že pevnost nitě v kličce je rovna dvakrát pevnosti niti v tahu krát koeficient pevnosti, což neodpovídá, jelikož pevnost nitě v kličce je menší, ale na druhou stranu se hodnoty hodně přibližují.

Vzorec č. 3 uvádí relativní pevnost ve smyčce v %, která je v rozmezí od 61 %-67% podobná u všech typů nití.

Vzorec č. 4 uvádí porovnání teoretické pevnosti šitého spoje a pevnosti samotné smyčky, z vypočtených hodnot je znatelné, že pevnost samotné smyčky je nižší než pevnost šitého spoje vázaným stehem, s čímž se počítá, jelikož pevnost materiálu spojeného nití by měla být dle názoru autorky o dost vyšší oproti samotné pevnosti smyčky. Jelikož v teoretické části nebylo uvedeno jinak, hodnoty u smyčky byly ponechány původní bez vynásobení dvěma.

3.5 Zkušební experiment na materiálu číslo 1

Jedná se o první experiment, kde se zkoušelo velké množství materiálů z katedry oděvnictví Fakulty textilní, a autorka se seznamovala s přístroji. Hlavní cíl byl se naučit se svařovacím přístrojem, který spojoval materiál pomocí ultrazvuku, pracovat. Jako nejvhodnější se z hlediska materiálu pro automobilové sedačky původně jevil materiál číslo 1, který je z koženky. V tabulce č. 14, 15, 16 jsou vyhodnoceny získané hodnoty z trhačích přístroje.

Tabulka 14 Pevnost I. zkoušeného materiálu typ nitě E

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Typ spoje	Vázaný steh- Typ nitě-E		Řetízkový steh - Typ nitě-E	
1	629,1	65,663	614,1	68,207
2	668,7	63,07	652,5	66,88
3	613,1	62,407	685,9	70,943
PRŮMĚR	636,966	63,713	650,833	68,676
Min	613,1	62,407	614,1	66,88
Střed	629,1	63,07	652,5	68,207
Max	668,7	65,663	685,9	70,943
S.O.	319,339	31,887	326,736	34,379
VK	50,1344	50,048	50,202	50,060
95% is	279,908	27,950	286,391	30,134

Tabulka 15 Pevnost I. zkoušeného materiálu typ nitě E

Zkouška č.	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Typ spoje	Svařování ultrazvukem	
1	117,07	20,153
2	144,97	25,054
3	154,58	26,438
PRŮMĚR	138,8733	23,881
Min	117,07	20,153
Střed	144,97	25,054
Max	154,58	26,438
S.O.	71,23577	12,2415
VK	51,2955	51,25897
95% is	62,43976	10,72995

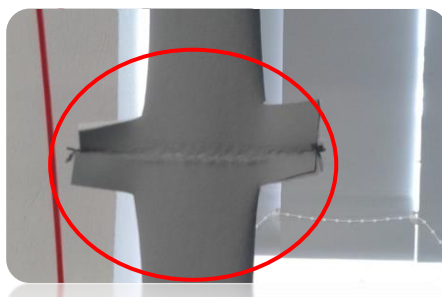
Tabulka 16 průměrná pevnost všech 3 metod spojení

Průměrné hodnoty pevnosti všech 3 metod spojení		
Typ spoje	Pevnost (N)	Tažnost (%)
Vázaný steh	636,966	63,713
Řetízkový steh	650,833	68,676
Svařování ultr.	138,873	23,88167

Vyhodnocení:

S výsledků je znatelné, že řetízkový steh vykazuje nejvyšší pevnost oproti vázanému stehu a svařenému spoji. Svařený spoj s hodnotou 138,87 N vykazuje velmi malou pevnost spoje. Nejtažnější se opět jeví řetízkový steh s 66,68 %.

U toho materiálu se objevil estetický problém - viz obr. 29, daný spoj z hlediska svaření vykazoval ne zcela konformní spoj materiálu, což by ale u technické konfekce nemělo být na závadu.



Obrázek 29 Svařený spoj

Tento typ materiálu tzv. koženka byl prvním testovaným materiálem v začátcích experimentu, ale bohužel z hlediska malého množství materiálu nebylo možné v experimentu pokračovat. Materiál nebyl poskytnut firmou Johnson Controls, jednalo se o větší kus materiálu dílny KOD- Fakulty textilní, kde se později zjistilo, že ho pro experiment není dostatek, a nebylo dohledatelné, zda se jedná skutečně o materiál

používaný k výrobě autosedaček. Proto se uchýlilo k závěru, že se s tímto materiálem nadále nedá v experimentu pokračovat a experiment se začal provádět až s materiálem č. 2.

3.6. Svařování ultrazvukem

Svařování bylo prováděno pomocí ultrazvukového svařovacího stroje PFAFF 8310. Pro tento druh spoje byl použit jednoduchý hřbetový šev. Nalézt vhodné parametry pro svařování z hlediska nejoptimálnější pevnosti spoje byl velmi komplikovaný a zdouhavý proces zkoušení nepřeborného množství hodnot. K inspiraci výběru vhodných parametrů dopomohly autorce bakalářské a diplomové práce studentů s podobnou problematikou a dále zejména vlastní odzkoušení různých parametrů. Nejoptimálnější parametry pro svařování z hlediska autorky jsou uvedeny v tabulce č 17. U všech vzorků byl použit materiál č. 2.

Směrodatnou hodnotou pro svařování byl zvolen výkon - 27 % (± 2 %), rychlost 1,2 m/min, tlak 2,5 N a mezera 0,4 N. Následně pro porovnání pevnosti byla upravena hodnota výkonu o 2 % výše a následně o 2 % níže. Při snížení výkonu pod 25 % nedocházelo ke kvalitnímu spojení a spoj bylo možno rozpojit pouhou silou ruky. Při zvýšení výkonu nad 29 % docházelo k tavení materiálu ihned po spojení svařovacího kolečka s materiálem, proto se od vyšších hodnot zcela upustilo. Hlavní problém nastává, když se svařený spoj začne v místě sváru tavit a nelze pokračovat ve spojení. Poté je zapotřebí svár přerušit a opětovně začít od ukončení předchozího sváru. Zde ale nastává problém, že nelze přesně začít od stejného místa, tedy nelze přesně odhadnout pokračování.

Nastavení svařovacích parametrů					
	Výkon [%]	Rychlost podávání materiálu [m/min]	Tlak vrchního svar.kolečka [N]	Tlak spodního svar.kolečka [N]	Kvalita spoje
	Klasické kolečko				
Výsledné parametry	25	1,2	0,4	2,5	Nekvalitní spoj
	27	1,2	0,4	2,5	Kvalitní spoj
	29	1,2	0,4	2,5	Začíná docházet k tavení materiálu
	Kolečko na imitaci šitého spoje				
Výsledné parametry	25	1,2	0,4	2,5	Kvalitní spoj
	27	1,2	0,4	2,5	Tavení materiálu
	29	1,2	0,4	2,5	Tavení materiálu

Tabulka 17 Svařovací hodnoty a vyhodnocení metod

3.6.1 Typy svařovacích koleček:

1. Klasické svařovací kolečko nebo také nazýváno vroubkované

Tento typ svařovacího kolečka byl z hlediska estetiky a komfortu svařování lepší, než kolečko na imitaci šitého spoje. Na materiálu nezanechával příliš silnou stopu a žádná hodnota svařování nedělala komplikace, spoj šel hladce a bez problému svařit u všech typů hodnot.

2. Kolečko na imitaci šitého spoje

Tento typ kolečka byl zvolen, jelikož imituje stopu šitého spoje. Problém tu nastával při drobných změnách svařovacích hodnot, docházelo k tavení materiálu. Problém nastal u hodnot vyšších výkonů nad 27 %. U výkonu 27 % už se začal přístroj zastavovat a tavit v místě sváru, což zapříčinilo, že zkouška se musela zastavit a pokusit se začít svařovat od místa ukončení. Proto se v experimentu ve statistickém vyhodnocení s hodnotami zjištěnými u vroubkovaného kolečka 27 % a 29 % dále nepočítá, jejich výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce pouze pro porovnání.

Svařování pomocí kolečka na imitaci šitého stehu

Tabulka 18 Svařovací hodnoty pro výkon 25

Zkouška číslo	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Nastavení hodnot ultr. svařování	Výkon: 25 %	
1	59,8	7,564
2	62,73	7,934
3	76,88	10,542
4	60,81	7,251
5	74,18	7,980
PRŮMĚR	66,88	8,254
Min	59,8	7,251
Střed	62,73	7,934
Max	76,88	10,542
S.O.	8,023151	1,313
VK	11,99634	7,953
95% is	7,032473	1,151

Klasické kolečko

Tabulka 19 Svařovací hodnoty pro výkon 25,27

Zkouška číslo	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Nastavení hodnot ultr. svařování	Výkon: 25 %		Výkon: 27 %	
1	44,78	8,547	96,790	9,498
2	72,96	8,958	98,19	7,667
3	46,09	9,275	112,55	9,010
4	29,58	6,205	111,22	9,380
5	48,34	7,856	99,92	7,716
PRŮMĚR	48,35	8,168	105,47	8,654
Min	29,58	6,205	98,19	7,667
Střed	46,09	8,547	105,57	9,010
Max	72,96	9,275	112,55	9,498
S.O.	15,61904	1,219	47,6081	0,897
VK	32,30412	7,462	45,139	5,184
95% is	13,69044	1,068	41,72958	0,786

Tabulka 20 Svařovací hodnoty pro výkon 25

Zkouška číslo	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Nastavení hodnot ultr. svařování	Výkon: 29 %	
1	127,57	3,941
2	122,07	5,532
3	130,73	5,537
4	106,54	4,302
5	111,69	6,850
PRŮMĚR	119,72	5,232
Min	106,54	3,941
Střed	122,07	5,532
Max	130,73	6,850
S.O.	10,32665	1,155
VK	8,625664	11,034
95% is	9,051537	1,012

3.7 Statická a dynamická zkouška

Základní rozdíl mezi jednotlivými typy zkoušek: u dynamické zkoušky dochází k porušení materiálu při mešním napětí než při statickém namáhání. Statické namáhání je pozvolné namáhání, kdy materiál necháváme pomalu dojít k přetrhu. U dynamického namáhání oproti statickému dochází ke zvýšení napětí velmi rychle a materiál se ihned přetrhává, pokud lze čelisti dostatečně roztáhnou, jelikož dynamická zkouška je omezena rozměrem čelistí při spuštění zkoušky. Na obě zkoušky byly použity různé přístroje, u statické zkoušky je použit přístroj zakoupený katedrou, ale u dynamické zkoušky je použit přístroj sestavený na katedře. U všech vzorků byl použit materiál č. 2.

Dynamické namáhání hraje velice důležitou roli především u výrobků technické konfekce, jelikož právě tyto výrobky musejí být velice pevné z toho důvodu, aby působící síly vznikající při velké síle výrobek nepoškodily. Při statickém typu zkoušek se stanovila maximální síla až k prasknutí švu pomocí metody Strip. Jedná se o zkoušku tahem, ve kterém je celá šířka zkušební vzorku sevřena do čelistí zkušebního stroje. Používá se pro zkoušení pevnosti v tahu, dále je přístroj opatřen jednou čelistí, která je stacionární, a další čelistí, která se pohybuje s konstantní rychlostí po celou dobu zkoušky, celý testovací systém je prakticky bez výchylek. Maximální síla je zachycena, když zkušební vzorek praskne ve švu. Potřebné parametry pro statickou a dynamickou zkoušku jsou uvedeny v tabulce č. 21.

Tabulka 21 Parametry pro statickou a dynamickou zkoušku

Parametry	Statická zkouška	Dynamická zkouška
Rychlost posuvu čelistí	100 mm/min	500 mm/sec
Vzdálenost mezi upevňovacími čelistmi	200 mm	200 mm

3.7.1 Statická zkouška

Princip zkoušky: Zkouška Strip je tahová zkouška, při které je celá šířka zkušební vzorku upnuta v čelistech zkušební přístroje. V tabulce č. 17, 18, 19, 20, 21, 22 jsou vyhodnocena naměřená data z trhacího přístroje doplněny statistickými vyhodnocením.

Postup zkoušky: Připojení stroje do systému, otevření programu, otevření nového souboru, výběr a úprava definice, upnutí vzorku do čelistí, vynulování (tára), spuštění zkoušky, uložení a export dat do textového souboru s vyjmutím vzorku z čelistí přístroje.

Tabulka 22 Naměřené hodnoty u vázaného stehu typ nitě 1,2

Zkouška číslo	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Vázaný steh	Typ nitě A		Typ nitě B	
1	849,4	23,021	1002,7	24,079
2	876	20,654	1187,2	23,738
3	967,7	23,494	990,5	22,659
4	969,1	24,120	1109,2	23,802
5	862,4	1,361	1210,1	25,334
PRŮMĚR	904,92	18,530	1099,94	23,922
Min	849,4	1,361	990,5	22,659
Střed	876	23,021	1109,2	23,802
Max	969,1	24,120	1210,1	25,334
S.O.	58,709	9,687	101,572	0,957
VK	6,487	52,277	9,234	4,000
95% is	51,46013746	8,491	89,03072	0,839

Tabulka 23 Naměřené hodnoty u vázaného stehu typ nitě 3,4

Zkouška číslo	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Vázaný steh	Typ nitě C		Typ nitě D	
1	845,7	21,458	1429,6	21,141
2	855,2	21,103	1130	29,477
3	836,2	23,626	1273,1	24,555
4	886,1	20,084	1309,3	20,046
5	857,2	22,326	1219,1	31,770
PRŮMĚR	856,08	21,719	1272,22	25,398
Min	836,2	20,084	1130	20,046
Střed	855,2	21,458	1273,1	24,555
Max	886,1	23,626	1429,6	31,770
S.O.	18,749	1,335	110,896	5,117
VK	2,190	6,146	8,716	20,146
95% is	16,434	1,170	97,203	4,485

Tabulka 24 Naměřené hodnoty u vázaného stehu typ nitě 1,2

Zkouška číslo	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Vázaný steh	Typ nitě E	
1	1402,3	33,416
2	1358,4	34,487
3	1374,5	33,546
4	1353,3	36,378
5	1359,3	32,010

PRŮMĚR	1369,56	33,967
Min	1353,3	32,010
Střed	1359,3	33,546
Max	1402,3	36,378
S.O.	19,940	1,612
VK	1,455	4,746
95% is	17,478	1,413

Tabulka 25 Naměřené hodnoty u řetízkového stehu typ nitě 1,2

Zkouška číslo	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Řetízkový steh	Typ nitě A		Typ nitě B	
1	1375,9	34,697	1258,9	33,610
2	1169,5	30,995	1235	34,117
3	1251,9	33,373	1406,7	35,897
4	1263,4	32,506	1260,1	33,490
5	1244,4	34,010	1323	33,588
PRŮMĚR	1261,02	33,116	1296,74	34,140
Min	1169,5	30,995	1235	33,490
Střed	1251,9	33,373	1260,1	33,610
Max	1375,9	34,697	1406,7	35,897
S.O.	74,058	1,435	69,582	1,012
VK	5,872	2,166	5,365	1,482
95% is	64,913	1,258	60,990	0,887

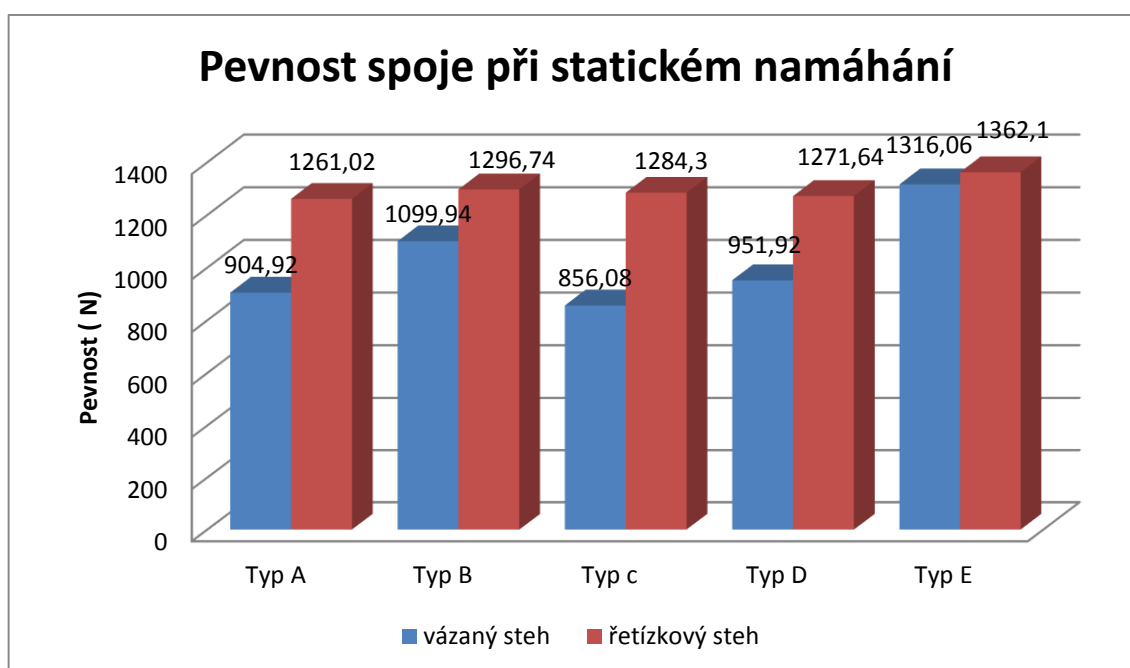
Tabulka 26 Naměřené hodnoty u řetízkového stehu typ nitě 3,4

Zkouška číslo	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Řetízkový steh	Typ nitě C		Typ nitě D	
1	1445,7	36,241	1441,7	37,036
2	1285,3	34,410	430,07	36,515
3	1226,3	34,744	1297,9	33,355
4	1230	31,945	557,7	27,329
5	1234,2	34,174	1300,7	31,869
PRŮMĚR	1284,3	34,303	1005,614	33,221
Min	1226,3	31,945	430,07	27,329
Střed	1234,2	34,410	1297,9	33,355
Max	1445,7	36,241	1441,7	37,036
S.O.	93,372	1,544	472,904	3,936
VK	7,270	2,251	47,026	5,924
95% is	81,842	1,353	414,511	3,450

Tabulka 27 Naměřené hodnoty u řetízkového stehu typu nitě 5

Zkouška číslo	Nejvyšší pevnost (N)	Tažnost při nejvyšší pevnosti (%)
Řetízkový steh	Typ nitě E	
1	1322,1	35,974
2	1294,8	37,589
3	1336,9	35,065
4	1444,9	40,580
5	1304,3	32,993
PRŮMĚR	1340,6	36,440
Min	1294,8	32,993
Střed	1322,1	35,974
Max	1444,9	40,580
S.O.	60,518	2,848
VK	4,514	3,908
95% is	53,045	2,497

Graf 3 Statické namáhání



Vyhodnocení:

Z grafu č. 4 lze vidět, že nejvyšší pevnost u všech typů nití vykazuje řetízkový steh, který se jeví výrazně pevnější než vázaný steh. Nejvyšší pevnost u vázaného i řetízkového stehu dokazuje typ nitě E, která vykazuje nejvyšší jemnost 159 tex oproti ostatním nitím.

3.7.2 Dynamická zkouška

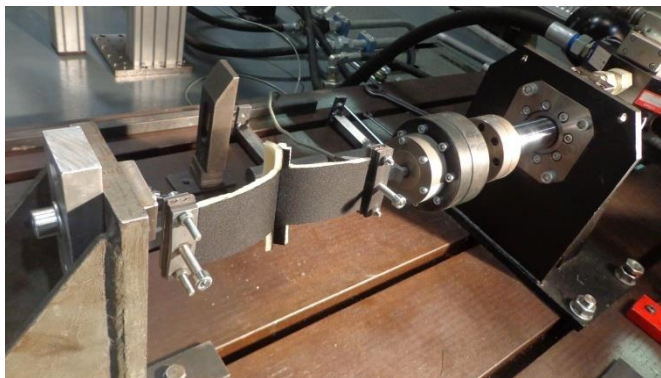
U dynamické zkoušky nastal problém s velkou časovou náročností experimentu z důvodu ručního vkládání materiálu do čelistí (uchycení pomocí velkého množství šroubků) a dále dostupností daného přístroje, jelikož patřil jiné fakultě. Z těchto důvodů byl zvolen nový postup, kdy byl vzat od každého materiálu pouze jeden vzorek pro experiment, celkem tedy bylo použito 13 vzorků (+ vzorky zkušební a nevydařené, které nejsou zahrnuty v experimentu). Z důvodu malého množství odzkoušených vzorků nebyla data u této metody zatěžování statisticky vyhodnocena. Přístroj je možné vidět na obrázku č. 30, 31. V tabulce č. 28 je možné vidět výsledné hodnoty z přístroje.

Princip zkoušky:

Podstatou zkoušky je, že se zkoušený vzorek s určitými rozměry a švem uprostřed upne do čelistí trhacího přístroje kolmo ke švu a při konstantní rychlosti se spustí zkouška až do prasknutí nebo napnutí švu. Pro dynamickou zkoušku byl použit vysokorychlostní hydraulický válec Inova AG 25_100, který je schopen dosáhnout extrémně vysoké rychlosti - téměř 15 ms^{-1} . Zkušební vzorky jsou upevněny na jednom konci k pohyblivé čelisti a druhým koncem ke stacionární uchopovací čelisti dynamometru. V případě statických zkoušek jsou čelisti rozmístěny ve svislém směru, ale v experimentu dynamického namáhání jsou čelisti nasazeny vodorovně.



Obrázek 31 Přístroj pro dynamické namáhání



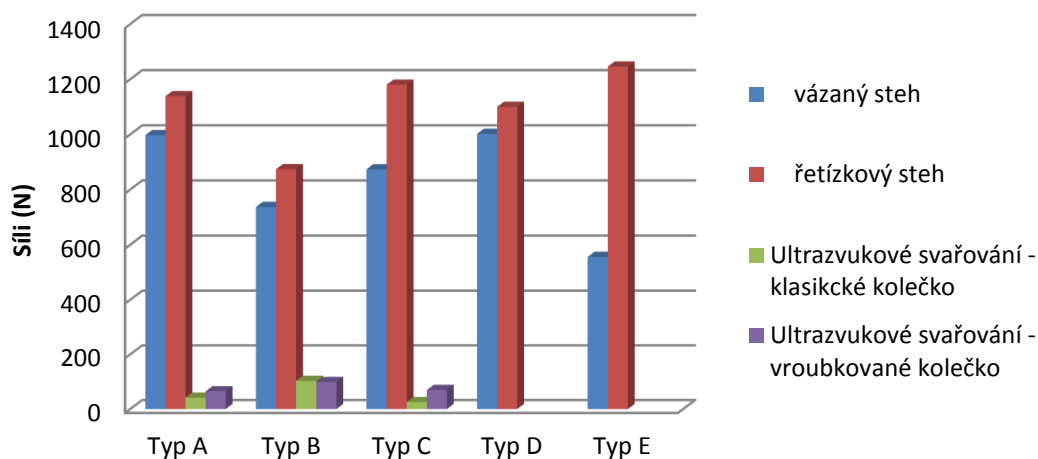
Obrázek 30 Přístroj pro dynamické namáhání

Tabulka 28 vyhodnocení materiálu a nití pomocí dynamického namáhání

	Typ nitě					
Typ stehu	Jednotky	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E
Vázaný steh	[N]	997,133	736,676	873,455	1002,091	555,710
Řetízkový steh	[N]	1138,368	873,918	1179,994	1099,905	1245,661
Typ kolečka	Svařování ultrazvukem					
Klasické kol.	[N]	41,820		103,325		25,486
Vroubkované kol.	[N]	64,935		98,960		69,769

Graf 4 Vyhodnocení při dynamickém namáhání

Dynamické namáhání



Vyhodnocení:

Problém je u vázaného stehu typu E, řetízkového stehu typu: A, E. U těchto typů nití nedošlo k přetrhu materiálu, ale pouze k natažení z důvodu malého rozpětí čelistí, proto tyto výsledky nejsou optimální pro vyhodnocení experimentu, dále hodnota u klasického kolečka při výkonu 29 % činí 25,486 N je nevyhovující z důvodu nepovedeného experimentu, proto je z výsledků vyřazena. Další problém u této zkoušky byl z hlediska autorky přístroj, který byl sestaven Fakultou strojní a uchycení vzorků bohužel nebylo pneumatické jako u statické zkoušky, ale každý vzorek se musel upínat ručně šroubek po šroubku, což z časového hlediska nebylo optimální. Pro tuto činnost nepostačovala malá síla autorky, ale bylo zapotřebí chlapské síly na dotáhnutí.

Autorka bohužel takovou silnou nedisponovala, a pokud se vzorek dobře nezachytil, při spuštění zkoušky se ihned z čelistí vysunul. Pro daný experiment bylo zapotřebí větší množství pomocných sil, což je další nevýhodou experimentu.

Z grafu číslo 5 lze vidět, že obdobně jako u vázaného stehu, i u dynamického namáhání vykazuje řetízek největší pevnost u všech typů nití. Ultrazvukový spoj vykazuje velmi malé hodnoty pevnosti téměř zanedbatelné a potřebné pro automobilový průmysl.

3.7.2.1 Vysokorychlostní záznamová kamera OLYMPUS I-Speed 3

Vysokorychlostní kamera slouží ke zpracování obrazu ve vysoké kvalitě. Vysokorychlostní kamery mohou být jak barevné, tak černobílé a mají volitelnou vnitřní velikost paměti. Je možné nastavit nejvyšší snímací rychlost až do 150 000 snímků /s. Maximální rozlišení obrazu je 1280x1024 pix. ale pouze do 2000 snímků / s, ale při rostoucí snímkovací frekvenci se zmenšuje rozlišení obrazového záznamu.

Kvalitu záznamu je možné výrazně ovlivnit intenzitou osvětlení, resp. prosvětlením želatinového zkušebního bloku. Proto je při snímání bloku během experimentu třeba použít výkonná halogenová svítidla nebo synchronizovanou soustavu blesků. Záznam z prováděného experimentu je ukládán na paměťovou kartu, která je podobná paměťové kartě digitálního fotoaparátu, ze které je možné převést data do počítače. Interní paměť vysokorychlostní kamery činí 4 GB. Rozsáhlé technické příslušenství umožňuje realizaci řady speciálních aplikací jak v laboratorních podmínkách, tak ve výrobním procesu přímo u zákazníka. Příklady aplikací, kde lze kameru využít: Analýza deformace materiálu např. rázové a pádové zkoušky, crash testy, diagnostika závad výrobních zařízení, balistické testy. [30]

Dynamická zkouška byla měřena pomocí přístroje na dynamické namáhání a hodnocena kamerovým záznamem OLYMPUS I-Speed 3. Všechna videa lze nalézt v příloženém CD - ROMU a jsou textově vyhodnocena z hlediska autorky v další kapitole.

Videa získaná pomocí přístroje na dynamické namáhání

V této kapitole jsou stručně popsána natočená videa sešitých vzorků pomocí ultrazvukového svařování a 2 typů šicích strojů.

Ultrazvukové svařování

Výkon: 25 %, typ kolečka: klasické kolečko: ve chvíli, kdy se spoj začíná natahovat, se začíná postupně velice rychle trhat od středu spoje dále ke krajům,

Výkon: 25 %, typ kolečka: vroubkované kolečko: spoj se také začíná natahovat a ihned se začíná uprostřed spoje trhat, ale pěna na materiálu drží a trhá se déle než spoj, je zde krásně vidět, jak zbytky pěny stále zůstávají na druhé straně táhlého spoje,

Výkon: 27 %, typ kolečka: klasické kolečko: spoj se ani nenatáhne a hned se trhá v celém spoji, je vidět, jak se odlepuje se zbytky taveniny od svařeného spoje,

Výkon: 27 %, typ kolečka: vroubkované kolečko: spoj se začíná pomalu odlepovat a postupně se celý odlepí,

Výkon: 29 %, typ kolečka: vroubkované kolečko: materiál se začíná trhat postupně pomalu od středu svařovaného spoje až do konce,

Výkon: 29 %, typ kolečka: klasické kolečko: tento spoj není moc kvalitní a trhá se ihned rychle po celém spoji.

Sešitý spoj pomocí vázaného a řetízkového stroje

Typ nitě: A, spojení: vázaný steh: postupně se natahuje a začíná vrásnit, je zde dobře viditelné, že se hodně roztahuje šitý spoj a při jeho maximu praskne,

Typ nitě: A, spojení: řetízkový steh: spoj se natahuje a vrásní, ale možnosti rozpětí čelistí přístroje nestačili k jeho prasknutí, bylo by potřeba většího rozpětí,

Typ nitě: B, spojení: vázaný steh: spoj se postupně natahuje a lehce se zkroutí, až po chvíli celý praskne od středu až ke krajům,

Typ nitě: B, spojení: řetízkový steh: spoj se začíná pomalu napínat a vrásnit s oblastí švů, poté se začíná esíčkovitě kroutit až praskne od středu spoje,

Typ nitě: C, spojení: vázaný steh: spoj se na poprvé nepovedlo správně roztrhnout z důvodu špatného namontování do čelistí přístroje. Zkouška se musela provést znovu. Po opětovné zkoušce se materiál začíná postupně natahovat a kroutit do vlnovitého směru a při jeho maximální výdrži praskne,

Typ nitě: C, spojení: řetízkový steh: dochází k natahování a vrásnění švů, po dosažení jeho maximální pevnosti v tahu praskne od středu spoje,

Typ nitě: D, spojení: vázaný steh: spoj se nejprve začíná hodně natahovat a vrásnit v oblasti spoje, středu spoje,

Typ nitě: D, spojení: řetízkový steh: po porovnání videí s vázaným spojem je vidět, že se podstatně více natahuje, vrásní a stáčí do esíčka, poté se krásně uprostřed spoje celistvě roztrhne,

Typ nitě: E, spojení: vázaný steh: spoj se natahoval a postupně vrásnil v oblasti švů, ale k přetrhu nedošlo kvůli omezení možnosti natažení přístroje, k přetrhu by byla potřeba větší vzdálenost čelistí,

Typ nitě: E, spojení: řetízkový steh: spoj se chová stejně jako vázaný, nejprve se natahuje a vrásní v oblasti švů, ale k přetržení opět nedochází.

3.8 Vyhodnocení statického a dynamického namáhání

Tabulka 29 Průměrné hodnoty pevnosti vzorků při statickém a dynamickém namáhání

Průměrné hodnoty pevnosti vzorků [N]						
Druh stehu	Typ namáhání	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E
Vázaný steh	Statické nam.[N]	904,920	1099,94	856,080	951,920	1316,06
	Dynamické nam.[N]	997,133	736,677	873,455	1002,091	555,710
Řetízkový steh	Statické nam. [N]	1379,994	1303,486	1299,134	1078,905	1245,66
	Dynamické nam.[N]	1138,368	873,919	1179,994	1099,905	1245,66

Tabulka 30 Průměrné hodnoty pevnosti vzorků pomocí ultrazvukového svařování

Průměrné hodnoty pevnosti vzorků [N]				
Typ namáhání	Parametry	Výkon: 25 %	Výkon: 27 %	Výkon: 29 %
Ultr. spoj s klas. kolečkem	Statické nam. [N]	48,350	105,470	119,720
	Dynamické nam. [N]	41,820	103,325	25,486
Ultr. spoj s vroub. kolečkem	Statické nam.[N]	66,880	85,458	86,210
	Dynamické nam. [N]	64,935	98,960	69,769

Vyhodnocení.

Z tabulky lze vidět, že při dynamickém namáhání jsou hodnoty řádově výrazně nižší. U této zkoušky byl problém, že se čelisti přístroje roztáhly jen do určité hodnoty svého maxima, což pro některé materiály nebylo dostačující. Bylo by tedy zapotřebí větší rozpětí k roztržení, což přístroj neumožňoval, proto se některé zkoušené materiály pouze natáhly, ale neroztrhly.

Všeobecně namáhání statickým způsobem vykazuje vyšší pevnost způsobenou postupným zvyšováním síly, než dojde k přetrhu, pouze u dvou typů nití byla hodnota u dynamického namáhání o pár hodnot vyšší, což mohlo zapříčinit také to, že se zkoušel pouze jeden typ materiálu a nebylo možné vytvořit průměrnou hodnotu z pěti vzorků jako u statického namáhání.

U všech 3 typů různých spojení materiálu vykazuje nejvyšší pevnost řetízkový steh s nejvyšší hodnotou 1379,994 N u typu nitě A. Druhý v pořadí s nejvyšší pevností je vázaný steh s nejvyšší hodnotou 1316,06 N u typu nitě E. Nejméně pevný se u všech metod jevil vždy ultrazvukový svařovaný spoj, který s hodnotou 98,960 N při výkonu 27 % vykazoval „nejvyšší“ pevnost u dynamického namáhání, ale v porovnání s pevností u řetízkového nebo vázaného stehu to je opravdu velmi malá, snad až zanedbatelná síla. Z průměrných hodnot v tabulce č. 16, kde byl zkoušen materiál č. 1, je pevnost svařování ultrazvukem 138,873 N. Tento materiál vykazoval lepší pevnost ve svařeném spoji o 39,91 N než u materiálu č. 2. Naopak ale u řetízkového a vázaného stehu se síla pohybovala okolo 650 N, což u materiálu typu 2 se pohybovala řádově okolo 1200 N.

Takže z hlediska pevnosti a tažnosti záleží nejvíce na zkoušeném materiálu, jelikož každý materiál vykazuje rozdílné vlastnosti a pevnost. A každý typ spojení má při vyhodnocování na zatěžovacích zkouškách rozdílné pevnosti. Pokud by bylo potřeba získat u materiálů vyšší pevnost, bylo by zapotřebí zkoušet více typů materiálů.

4 Závěr

Jak už je patrné z názvu diplomové práce, cílem práce bylo zjistit pevnost materiálů určených pro automobilové sedačky. V dnešní době patří automobilový průmysl mezi velmi vyspělý sektor, který má budoucnost, proto je v tomto odvětví neustále potřeba věci inovovat, modernizovat a zlepšovat. Řada firem a jejich odborní pracovníci se snaží ve svých vývojových střediscích vyvinout pro zákazníka co nejkomfortnější a neoptimálnější výrobek z hlediska jeho stále rostoucích požadavků.

Při užívání autosedaček dochází nevědomky k velkým tlakům na materiál, ať už se jedná o sílu, která na materiál působí běžným užíváním např. při dosedání, opírání, ale i sílu, která může působit při nenadále kolizi (dopravní nehoda). S touto silou by mělo být počítáno a měla by být zohledněna při výrobě s dopadem na správnou volbu pevnosti materiálu i samotných šicích nití tak, aby autosedačka vydržela všechny nepříznivé vlivy způsobené užíváním.

Diplomová práce má rozkrýt možné metody a zkoušky, kterými lze zjistit pevnost samotné šicí nitě a dále pevnost materiálu. Pro práci byly vybrány 3 hlavní principy spojení materiálu a to klasickým vázaným a řetízkovým stehem a pro tuto sféru neobvyklým spojením pomocí svařování ultrazvukem. Nejdůležitější částí bylo naměřené výsledky porovnat mezi sebou a to z hlediska pevnosti a tažnosti jednotlivých materiálů a metod namáhání na ně.

V teoretické části byly čtenáři blíže objasněny základní informace o způsobu spojení, mechanických vlastnostech, technických textiliích a hlavně informace o ultrazvukovém svařování, jeho principu, výhodách, nevýhodách a jaké lze použít materiály pro tento způsob spojení.

Experimentální část byla zaměřena na zkoušení materiálů a nití, jejich pevnost a tažnost z hlediska kvality spoje. Byly testovány dva druhy materiálů a pět typů nití získaných od firmy Johnson Controls Česká Lípa. První část experimentu se zaměřila na samotné typy nití, hodnotila se jejich pevnost a tažnost při uchycení v tahu a ve smyčce. V této části autorka dospěla k názoru, že smyčka je zkoušena ze dvou vzájemně propojených nití, proto se získané hodnoty z přístroje vynásobily dvěma. V další části se u smyčky vyhodnocovala teoretická pevnost ze vzorců uvedených v rešeršní části, zda odpovídají realitě. Merit experimentu byl zaměřen na 3 odlišné typy spojení materiálu pomocí jednoduchého hřbetového švu. Na přístroji Pfaff 8310-043 bylo zkoumáno ultrazvukové spojení, pro hodnocení byla zvolena dvě různá kolečka

lišící se svou stopou. Ke spojení řetízkového a vázaného stehu byly použity šicí stroje jednojehlové dvounitné značky Sunstar a Brother. Výsledné vzorky byly hodnoceny dvěma typy namáhání a to při statickém a dynamickém namáhání, které bylo navíc zpracováno záznamem z rychlokamery.

U zjišťování pevnosti jednotlivých nití hrálo velmi důležitou roli uchycení vzorků, které byly uchyceny buď klasicky v čelistech, nebo ve smyčce. Z předešlých výsledků zkoušek a grafů získaných měřením jsme zjistili, že uchycení u těchto typů nití nemá vliv na pevnost a tažnost. Ale při bližším rozboru vykazuje smyčka vyšší pevnosti, jelikož ji v přetrhu brání spojené dvě nitě. Z hlediska pevnosti je nejpevnější nit typu E, kde se jedná o 100% PES jemností 159 tex, jako nejvíce tažná se jeví nit typu B, kde se jedná také o 100% PES ale s jemností 77,6 tex.

U svařování za pomoci ultrazvuku bylo obtížné najít ke svaření optimální hodnoty, nakonec byly vybrány 3 hodnoty, kde byl zvolen primární a měnitelnou hodnotou výkon stroje, a ostatní hodnoty se ponechaly stejné. S každým typem kolečka se svařovalo odlišně, pro tento experiment bylo směřodlatné klasické kolečko, se kterým se lépe manipulovalo a dle vybraných parametrů šlo materiál dobře svařovat. Pouze u výkonu 29 % se už začínal pomalu ve spoji tavit. Druhý typ kolečka byl zvolen díky vzoru imitace šitého spoje, s kolečkem se špatně manipulovalo, jelikož se zarýval do materiálu a vytvářel při svaření viditelné otvory, od hodnot 27 % a výše už nebylo možné s tímto typem svařovat, jelikož se taval a zastavoval v místě sváru.

Jednotlivé vzorky byly dále namáhány dvěma typy zatěžování, které se lišily směrem namáhání vzorků a rychlostí přetrhu. U statického typu namáhání se dobře manipulovalo s přístrojem a čelistmi přístroje. U dynamického typu namáhání byl problém s přístrojem, jeho dostupností, manipulací, časovou náročností experimentu a získanými hodnoty z přístroje, které se musely celé převádět a přepočítávat. Bohužel k experimentu bylo možné použít pouze tento typ přístroje pro dynamické namáhání, jiný typ přístroje tohoto typu k použití pro experiment nebyl. U dynamického namáhání vycházela menší síla potřebná k přetrhu materiálu.

Z celkových výsledků vyplynulo, že měření se vzorky spojených s řetízkovým stehem vykazuje prokazatelně nejlepší hodnoty, co se týče pevnosti. Problémem u tohoto stehu je obtížné zajištění konce stehové řady, což by v automobilovém průmyslu mohlo dělat komplikace se zvýšenou paralelností při poškození stehu. Každý zkoušený materiál se jeví jinak díky svým odlišným vlastnostem, tzv. koženka materiál č. 1 vykazoval větší hodnotu pevnosti u svařeného spoje než materiál č. 2 ze 100% PES. Ale

u řetízkového a vázaného stehu opět vykazoval materiál č. 1 podstatně nižší pevnost oproti materiálu č. 2.

Vyhodnotit optimální hodnotu a říci, zda je kvalitnější konvenční nebo nekonvenční způsob spojení, je diskutabilní. Zde záleží na zkoušeném materiálu, použitých šicích nití a výrobcem požadovaných parametrů na výrobek. Autorka by nedoporučovala pro spojování materiálů určených pro výrobu autosedaček využívat ultrazvukový spoj, jelikož nalézt vhodné svařovací parametry bylo zdlouhavé a ve výrobních závodech se každou chvíli používají jiné typy materiálů. Ne všechny zkoušené materiály, které byly hodnoceny, bylo možné svařit, ty, které bylo možné svařit, nebyly vhodné z estetické stránky, jelikož spoj nevypadal vzhledově hezky a pro výrobek by jej autorka nedoporučila. Další nevýhodou je cena za pořízení ultrazvuku, investice je velice nákladná pro spojování těchto typů materiálů se nevyplatí. V průběhu experimentu nebylo dosaženo u spoje odpovídající kvality. Takto nekvalitní spoj by nesnesl namáhání, které by na něj bylo běžným užíváním vyvíjeno. Pro tuto sféru by autorka doporučila používat klasické konvenční metody, nejlépe řetízkový steh při zajištění konce stehových řad.

5 Zdroje

- [1] KREBSOVÁ, Milada. Technologie. sv. 2., Oděvnictví. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1990.
- [2] LIZÁK, Pavol a Jiří MILITKÝ. Technické textílie: publikácia určená pre textilných odborníkov, vysokoškolských pedagógov a poslucháčov textilných VŠ, odborníkov z praxe .. 1. vyd. Ružomberok: Nadácia pre rozvoj textilného vysokošk. vzdelania, 2002. ISBN 80-968674-0-7.
- [3] MILITKÝ, Jiří. Technické textílie: vybrané kapitoly. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2002. ISBN 80-7083-590-7.
- [4] Textile learner. Application of Ultrasonic in Textile Wet Processing (Part-1). [online]. 2016 [cit. 2016-03-12]. Ultrazvuková technologie. Dostupné z WWW:<http://textilelearner.blogspot.cz/2013/08/application-of-ultrasonic-in-textile_28.html>.
- [5] kod.tul.cz. [online]. 2016 [cit. 2016-03-28]. Ultrazvukový svařovací stroj. Dostupné z WWW:<<http://www.kod.tul.cz/smazat/laboratore/Spojovani/index.html>>.
- [6] Průmyslové spektrum. [online]. 2016 [cit. 2016-01-12]. Spojování a řezání ultrazvukem. Dostupné z WWW:<<http://www.mmspektrum.com/clanek/spojovani-a-rezani-ultrazvukem.html>>.
- [7] ACADEMIA. [online]. 2016 [cit. 2016-04-9]. Stehy a švy. Dostupné z WWW:<http://www.academia.edu/7394848/stitch_and_seam>.
- [8] ZOUHAROVÁ, J.: Výroba oděvů II. díl. Skripta FT TUL 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004, ISBN 80-7083-782-9
- [9] DOSEDĚLOVÁ, Ivana. Analýza vlastností spojů technických konfekcí s ohledem na způsob zatěžování: Analysis of the properties of the seam of technical readymade products with respect to the method of straining [CD-ROM]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011.
- [10] KUNZ, O. Speciální technologie výroby ochranných oděvů. Ochranné oděvy II. KKV Prostějov, 2002.
- [11] STANĚK, Jaroslav. Nauka o textilních materiálech. sv. 1., Část 4. Vlastnosti délkových a plošných textilií. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1988.
- [12] KOVAČIČ, Vladimír. Textilní zkušebnictví. Díl 2. 1. vydání. Liberec: TU v Liberci, 2004. 69 s. ISBN 80-7083-825-6

- [13] KOVAČIČ, Vladimír. Textilní zkušebnictví. Díl I. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-824-8.
- [14] Norma ČSN ISO 4915:1991. Textilie; Druhy stehů, třídění a terminologie, Český normalizační institut, 1993.
- [15] Norma ISO 4916:1982. Textiles; Seam types, Classification and terminology, International Organization for Standardization, 1982.
- [16] Norma ČSN EN ISO 13935-1. Textilie, tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků – Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strip. Český normalizační institut, Praha, 1999.
- [17] LESYKOVÁ, Eva. Česko-anglický technický textilní slovník. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1971.
- [18] HANUŠ, J. Oblasti využití technických textilií. Problematika konfekcionování technických textilií. KKV Prostějov, 2001.
- [19] homen.vsb.cz. [online]. 2016 [cit. 2016-04-12]. Ultrazvukové svařování-41. Dostupné z WWW:<<http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/2-06-41.pdf>>.
- [20] Types of stitches [online]. 2016 [cit. 2016-04-20]. Typy stehů. Dostupné z WWW:<<http://www.beisselneedles.com/downloads/TypesofStitches.pdf>>.
- [21] DUKANE [online]. 2016 [cit. 2016-03-19]. Ultrazvukové svařování. Dostupné z WWW:< <http://www.dukane.eu/cz/sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD-ultrazvukem>>.
- [22] DOSEDĚLOVÁ, I.: Zpracování technických textilií, výukové materiály pro kurz specialistů z JAR, TUL Liberec, KKV Prostějov, červenec 2009.
- [23] Om_prednaska_4_A_2013 [online]. 2016 [cit. 2016-04-30]. Zpracovatelské a užité vlastnosti od vlastností oděvních materiálů. Dostupné z WWW:< http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska4_A_2013.pdf>.
- [24] ODE_8_Šicí stroje_OPTIS.pdf [online]. 2016 [cit. 2016-05-1]. Výroba oděvů. http://www.kod.tul.cz/predmety/ODE/prednasky/ODE_8_%C5%A0ic%C3%AD%20stroje_OPTIS.pdf >.
- [25] MILITKÝ, Jiří. Textilní vlákna: klasická a speciální. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-644-X.
- [26] KOVÁŘ, Radko. Struktura a vlastnosti textilií 2. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, Fakulta textilní, 1998. ISBN 80-7083-266-5.
- [27] J. Reichl, M. Všeticka. Záření absolutně černého tělesa. Encyklopedie fyziky . [Online] 2016 [cit. 2016-05-5]. Dostupné z WWW:< <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/719-zareni-absolutne-cerneho-telesa> .>.

- [28] Ordinace.cz, Redakce. Chraňte své zdraví před slunečním zářením. Ordinace.cz. [Online] 20. 7. 2007. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z WWW:<<http://www.ordinace.cz/clanek/chrante-sve-zdravi-pred-slunecnim-zarenim/>>.
- [29] Suntest CPS+. Kaitraide. [Online] [cit. 2016-05-12]. Atlas Material Testing Technology GmbH, 2013. Dostupné z WWW:<<http://kaitrade.cz/getFile/id:18300/lastUpdateDate>>.
- [30] Ix cameras [online]. 2016 [cit. 2016-04-15]. Vysokorychlostní zpracování obrazu. Dostupné z WWW:<<http://www.ix-cameras.com/downloads/i-SPEED%203%20Czech.pdf>>.
- [31] KLOUDOVÁ, Nikola. Měření roztažnosti pletenin určených pro spodní prádlo: Measuring the expansion of knitted fabrics designed for underwear [CD-ROM]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014.
- [32] JOHNSON CONTROLS [online]. 2016 [cit. 2016-02-12]. Automobilový průmysl. Dostupné z WWW:<http://www.johnsoncontrols.com/cs_cz>
- [33] Sindel, R. Nähgarne für extrem belasteten Nähte. AMANN, 1998.
- [34] Nahtquersfestigkeiten. Die Naht – Nähtechnische Informationen von Gütermann, 1986, Nr. 86, s. 6
- [35] labcontrol.cz[online]. 2016 [citace 2016-04-1]. Testometric. Dostupné z WWW:.<http://www.labcontrol.cz/technika/testometric/testom_350_5.html>.

6 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků:

Obrázek 1 Grafické vyjádření tahového namáhání [9]	16
Obrázek 2 tahová křivka tkaniny a pleteniny [12].....	17
Obrázek 3 Schematické znázornění namáhání niti v kličce [9].....	17
Obrázek 4 pevnost ve smyčce [11]	20
Obrázek 5 Princip ultrazvukového svařování [19]	24
Obrázek 6, 7 Šev při napětí v příčném tahu (A – statická zkouška, b - dynamická zkouška)	29
Obrázek 8 spektrum elektromagnetického záření [27]	31
Obrázek 9 typy použitých materiálů	33
Obrázek 10 seřazené nitě	34
Obrázek 11 Svařovací kolečka	35
Obrázek 12 Kolečko na imitaci šitého spoje	36
Obrázek 13 Vroubkované kolečko	36
Obrázek 14 Ultrazvukový svařovací přístroj	36
Obrázek 15 Trhací přístroj - Testometric M350-5CT	37
Obrázek 16 Vzorek pro jednotlivé zkoušky	38
Obrázek 17 Druhý typ materiálu	39
Obrázek 18 První typ materiálu	39
Obrázek 19 Přístroj Suntest [29].....	40
Obrázek 20 Zvětšení objektivu 50x, rozlišení 30 μm	41
Obrázek 21 Zvětšení objektivu 20x, rozlišení 80 μm	41
Obrázek 22 Zvětšení objektivu 50x, rozlišení 30 μm	42
Obrázek 23 Zvětšení objektivu 50x, rozlišení 30 μm	42
Obrázek 24 Zvětšení objektivu 20x, rozlišení 80 μm	42
Obrázek 25 Čelisti trhacího přístroje	43
Obrázek 26 Trhací přístroj - Testometric M350-5CT	43
Obrázek 28 čelisti pro upínání nití.....	46
Obrázek 27 čelisti pro upínání nití.....	46
Obrázek 29 Svařený spoj	51
Obrázek 30 Přístroj pro dynamické namáhání.....	59
Obrázek 31 Přístroj pro dynamické namáhání.....	59

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Doporučené hodnoty pro pevnost polyesterových nití při šití	19
--	----

Tabulka 2 Vlastnosti materiálů	33
Tabulka 3 Charakteristika šicích nití	34
Tabulka 4 Vyhodnocení pomocí obrazové analýzy	39
Tabulka 5 Pevnost nití typu A, B.....	44
Tabulka 6 Pevnost nití typu C, D.....	44
Tabulka 7 Pevnost nití typu D	45
Tabulka 8 Pevnosti nití typu A, B.....	46
Tabulka 9 Pevnosti nití typu C, D.....	47
Tabulka 10 Pevnost nitě typu E	47
Tabulka 11 Pevnost šicích nití v tahu a ve smyčce.....	48
Tabulka 12 Vypočítané hodnoty z uvedených vzorců.....	49
Tabulka 13 Porovnání pevnosti s teoretickou pevností	49
Tabulka 14 Pevnost 1. zkoušeného materiálu typ nitě E	50
Tabulka 15 Pevnost 1. zkoušeného materiálu typ nitě E	51
Tabulka 16 průměrná pevnost všech 3 metod spojení.....	51
Tabulka 17 Svařovací hodnoty a vyhodnocení metod.....	52
Tabulka 18 Svařovací hodnoty pro výkon 25	53
Tabulka 19 Svařovací hodnoty pro výkon 25,27	54
Tabulka 20 Svařovací hodnoty pro výkon 25	54
Tabulka 21 Parametry pro statickou a dynamickou zkoušku	55
Tabulka 22 Naměřené hodnoty u vázaného stehu typ nitě 1,2	56
Tabulka 23 Naměřené hodnoty u vázaného stehu typ nitě 3,4	56
Tabulka 24 Naměřené hodnoty u vázaného stehu typ nitě 1,2	56
Tabulka 25 Naměřené hodnoty u řetízkového stehu typ nitě 1,2	57
Tabulka 26 Naměřené hodnoty u řetízkového stehu typ nitě 3,4	57
Tabulka 27 Naměřené hodnoty u řetízkového stehu typu nitě 5	58
Tabulka 28 vyhodnocení materiálu a nití pomocí dynamického namáhání	60
Tabulka 29 Průměrné hodnoty pevnosti vzorků při statickém a dynamickém namáhání	63
Tabulka 30 Průměrné hodnoty pevnosti vzorků pomocí ultrazvukového svařování.....	63

Seznam grafů:

Graf 1 Pevnost šicích nití.....	45
Graf 2 Pevnost šicích nití ve smyčce	48
Graf 3 Statické namáhání.....	58
Graf 4 Vyhodnocení při dynamickém namáhání	60

7 Seznam příloh

Příloha 1 – Použité materiály a nitě pro experimentální část

Typy nití	
Typ A	Typ B
Typ C	Typ D
Typ D	
Typy materiálů	
Materiál č. 1	Materiál č. 2

Příloha 2 - Statistické vzorce

Aritmetický průměr:

$$\tilde{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (9.1)$$

Směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{S^2} \quad (9.2)$$

Variační koeficient

$$v = \frac{s}{\tilde{x}} \cdot 100 [\%] \quad (9.3)$$

interval spolehlivosti:

$$95\% \text{ IS} = \tilde{x} \pm t_{(n-1)} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (9.4)$$